



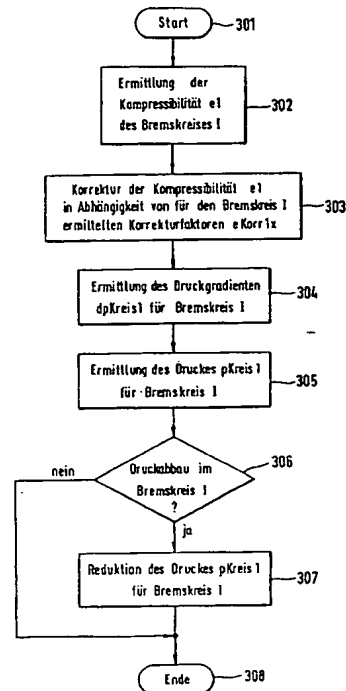
71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Erban, Andreas, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE;
Weiss, Karl-Josef, 70374 Stuttgart, DE; Gerdes,
Manfred, 70825 Korntal-Münchingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung einer den Systemdruck in einem Bremskreis beschreibenden Größe

57 Vorgeschlagen wird ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Ermittlung einer den Bremskreisdruk beschreibenden Größe. Mit dem in der Vorrichtung ablaufenden Verfahren wird der Bremskreisdruk sowohl für einen, insbesondere fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau als auch für einen Druckabbau ermittelt. Bei einem fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau wird bei der Ermittlung des Bremskreisdruk das mit Erfassungsmitteln erfaßte Förderverhalten der das Bremsmedium fördernden Pumpe berücksichtigt. Bei einem Druckabbau wird der Bremskreisdruk in Abhängigkeit einer Größe ermittelt, die den zu erwartenden Bremskreisdruk nach dem Druckabbau beschreibt.



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Ermittlung einer den Systemdruck in einem Bremskreis beschreibenden Größe. Die Bezeichnung "Systemdruck in einem Bremskreis" ist gleichbedeutend mit dem Begriff "Bremskreisdruk", weshalb letzterer nachfolgend verwendet wird.

Verfahren und Vorrichtungen zur Ermittlung einer den Bremskreisdruk beschreibenden Größe sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt.

In der DE-OS 43 40 921 ist ein Bremsdruckregelsystem beschrieben, bei dem u. a. für jeden Bremskreis der Bremskreisdruk geschätzt wird. Die in der DE-OS 43 40 921 offenbarte Hydraulik umfaßt zwei Bremskreise. Jeder der beiden Bremskreise weist zwei Räder auf, die jeweils über ein Auslaß- bzw. Einlaßventil mit dem Bremskreis in Verbindung stehen. Ferner weist jeder Bremskreis eine Vorladepumpe, eine Rückförderpumpe, ein Rücklaufventil sowie ein Umschaltventil auf. Mit den beiden Pumpen kann vor den Einlaßventilen ein Bremsdruck erzeugt werden, wenn an den Rädern Bremsdruck aufgebaut werden soll. Das Rücklauf- bzw. Umschaltventil ist entsprechend anzusteuern. Mit dem dem jeweiligen Rad zugeordneten Einlaß- bzw. Auslaßventil kann der gewünschte Bremsdruck in der entsprechenden Radbremse eingesteuert werden. Bezogen auf einen Bremskreis werden ausgehend von Sollbremsdrücken für die Radbremszylinder zumindest für die Einlaßventile Ventilansteuersignale ermittelt. In die Ermittlung der Sollbremsdrücke gehen die Bremszylinderdrücke ein, wobei bei der Ermittlung der Bremszylinderdrücke der jeweilige Bremskreisdruk sowie die Ansteuerzeiten der Einlaßventile berücksichtigt werden. Der Bremskreisdruk wird mit Hilfe eines rekursiven Verfahrens geschätzt. Bei der Schätzung des Bremskreisdruk werden zwei Situationen unterschieden. In der einen Situation liegt ein geforderter Druckaufbau vor, d. h. sowohl die Vorladepumpe als auch die Rückförderpumpe sind bestromt und das Rücklauf- bzw. Umschaltventil sind entsprechend beschaltet. In dieser Situation wird davon ausgegangen, daß die beiden Pumpen einen konstanten Volumenstrom liefern. Der neue Wert für den geschätzten Bremskreisdruk ergibt sich in Abhängigkeit des alten geschätzten Wertes des Bremskreisdruk, der Ansteuerzeiten der im Bremskreis enthaltenen Einlaßventile, der Radbremszylinderdrücke, sowie des durch den Fahrer eingestellten Vordruckes. In der anderen Situation sind die beiden Pumpen abgeschaltet. Hierbei ergibt sich der neue Wert für den geschätzten Bremskreisdruk in Abhängigkeit des alten geschätzten Wertes des Bremskreisdruk sowie des durch den Fahrer eingestellten Vordruckes. Der alte geschätzte Wert des Bremskreisdruk wird dabei mit einem konstanten Faktor so bewertet, daß der sich im Bremskreis ergebende Druckabbau nachgebildet wird.

Das in der vorliegenden Anmeldung beschriebene Verfahren bzw. die in der vorliegenden Anmeldung beschriebene Vorrichtung zur Ermittlung einer den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe kann in Verbindung mit Systemen zur Regelung des Bremsschlupfes bzw. des Antriebsschlupfes sowie in Verbindung mit Systemen zur Regelung einer die Fahrdynamik eines Fahrzeuges beschreibenden Größe eingesetzt werden. Systeme zur Regelung des Bremsschlupfes bzw. des Antriebsschlupfes sind in allgemeiner Form beispielsweise aus dem von der Robert Bosch GmbH Stuttgart herausgegebenen Buch "Bremsanlagen für Kraftfahrzeuge", VDI-Verlag, Düsseldorf, 1. Auflage, 1994, bekannt. Systeme zur Regelung einer die Fahrdynamik eines Fahr-

zeuges beschreibenden Größe sind beispielsweise aus der in der Automobiltechnischen Zeitschrift (ATZ) 96, 1994, Heft 11, S. 674-689 erschienenen Veröffentlichung "FDR - Die Fahrdynamikregelung von Bosch", bekannt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Ermittlung einer den Bremskreisdruk beschreibenden Größe zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. durch die des Anspruchs 18 sowie durch die Merkmale des Anspruchs 15 bzw. durch die des Anspruchs 19 gelöst.

Vorteile der Erfindung

In diesem Kapitel sei vorab auf das Kapitel Ausführungsbeispiel und auf die Zeichnung verwiesen. Insbesondere sei darauf hingewiesen, daß die dieser Anmeldung zugrundeliegende Bremsanlage für jeden Radbremszylinder erste Mittel enthält, die aus einem Einlaß- bzw. einem Auslaßventil bestehen, sowie wenigstens eine dem jeweiligen Bremskreis zugeordnete Speicherkammer. Ferner enthält die Bremsanlage für jeden Bremskreis zweite Mittel, mit denen ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchführbar ist. Diese Mittel bestehen wenigstens aus einer Pumpe, einem Vorlade- sowie einem Auslaßventil. An dieser Stelle sei vermerkt, daß es denkbar ist, für jede Pumpe einen zugehörigen Motor oder aber für beide Pumpen zusammen ein Motor vorzusehen. Insbesondere ist es auch denkbar, daß in diesem Zusammenhang eine Pumpe eingesetzt wird, die aus zwei Pumpenelementen und einem Motor besteht, wobei jedem Bremskreis ein Pumpenelement zugeordnet ist.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber dem eingangs genannten Stand der Technik bezüglich der Ermittlung einer den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe bei einem fahrerunabhängigen Druckaufbau ist der, daß bei der Ermittlung der den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe wenigstens das erfaßte Förderverhalten der Pumpe berücksichtigt wird. Dieses erfaßte Förderverhalten der Pumpe geht dabei in eine den Zustand des Bremskreises beschreibende Größe ein, wobei während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe ermittelt wird.

Vorteilhafterweise wird die dem Zustand des Bremskreises beschreibende Größe wenigstens in Abhängigkeit der im entsprechenden Bremskreis geöffneten Einlaßventile bzw. in Abhängigkeit des Wertes der den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe ermittelt. Bei der Berücksichtigung der im entsprechenden Bremskreis geöffneten Einlaßventile wird zum einen nach Anzahl und zum anderen nach Art der geöffneten Einlaßventile unterschieden. Durch die Unterscheidung nach der Art, d. h. durch die Unterscheidung ob das Einlaßventil eines Vorderrades oder das Einlaßventil eines Hinterrades geöffnet ist, wird bei der Ermittlung der den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe eine bessere Nachbildung des tatsächlich im Bremskreis vorherrschenden Druckes realisiert.

Durch die Berücksichtigung des Förderverhaltens der Pumpe während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus wird ebenfalls eine bessere Nachbildung des tatsächlich im Bremskreis vorherrschenden Druckes durch die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe erreicht. Zur Erfassung des Förderverhaltens der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus sind verschiedene Kriterien vorgesehen. Als ein Kriterium wird hierfür wenigstens berücksichtigt, ob sich die Pumpe in einer Anlaufphase befindet. Als ein weiteres Kriterium wird hierfür wenigstens eine sich aus dem Bremskreisdruk ergebende Abhängigkeit der För-

derleistung der Pumpe berücksichtigt. Ferner wird als ein weiteres Kriterium hierfür wenigstens berücksichtigt, ob in einem weiteren Bremskreis der Bremsanlage ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchgeführt wird, während die Pumpe fördert. In Abhängigkeit wenigstens eines dieser Kriterien wird wenigstens ein Faktor ermittelt, mit dem die den Zustand des Bremskreises beschreibende Größe bewertet wird. Somit geht das Förderverhalten der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus in die den Zustand des Bremskreises beschreibende Größe mit ein.

Desweiteren hat es sich als vorteilhaft erwiesen, ausgehend von der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe eine Größe zu ermitteln, die die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibt. Der aktuelle Wert für die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe wird wenigstens in Abhängigkeit der die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibenden Größe bzw. in Abhängigkeit eines vorhergehenden Wertes für die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe ermittelt.

Bei der Ermittlung der die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibenden Größe wird ferner eine Größe berücksichtigt, die das über das Vorladeventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentiert. Die das über das Vorladeventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentierende Größe wird dabei vorteilhafterweise ausgehend von einer die Ansteuerzeit des Vorladeventils beschreibenden Größe ermittelt. Unter dem Begriff "gefördertes Volumen" wird das geförderte Volumen des Bremsmediums verstanden.

Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, bei der Ermittlung der Größe, die das über das Vorladeventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentiert, das Volumen, das in einer Speicherkammer gespeicherten Bremsmediums, welches bei einem Druckabbau aus dem Radbremszylinder über das dem Radbremszylinder zugeordnete Auslaßventil der Speicherkammer zugeführt wird, mit zu berücksichtigen. Das in der Speicherkammer gespeicherte Bremsmedium wird dergestalt mitberücksichtigt, daß die die Ansteuerzeit des Vorladeventils beschreibende Größe in Abhängigkeit des Volumens des in der Speicherkammer gespeicherten Bremsmediums beeinflußt wird.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, bei der Ermittlung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe ferner eine Größe mit zu berücksichtigen, die eine am Fahrzeug auftretende Querbeschleunigung repräsentiert. Aufgrund großer Querbeschleunigungen kann es in der Bremsanlage zu einem sogenannten Lüftspiel kommen, wodurch bei einem insbesondere fahrerunabhängigen Druckaufbau zunächst Bremsmedium in die Radbremszylinder gefördert wird, ohne daß dabei eine auf das entsprechende Rad wirkende Bremskraft erzeugt wird. Diesem Sachverhalt wird durch die Berücksichtigung der am Fahrzeug auftretenden Querbeschleunigung Rechnung getragen.

Durch die Beschränkung der Größe, die den Bremskreisdruck repräsentiert, auf einen minimalen bzw. auf einen maximalen Wert, ergibt sich ein weiterer Vorteil. Durch die Beschränkung auf einen minimalen bzw. auf einen maximalen Wert wird sichergestellt, daß die ermittelte Größe, die den Bremskreisdruck repräsentiert, in einem physikalisch sinnvollen Wertebereich liegt. Als minimaler Wert bietet sich vorteilhafter Weise der vom Fahrer eingestellte Druck an, der mit Hilfe eines Sensors erfaßbar ist. Als maximaler Wert für den Bremskreisdruck bietet sich eine Größe an, die das Druckverhalten des im Bremskreis enthaltenen Umschaltventils beschreibt.

Bei einem im Bremskreis stattfindenden Druckabbau ist es von Vorteil, die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit einer Größe zu ermitteln,

die den zu erwartenden Bremskreisdruck nach dem Druckabbau beschreibt. Ferner ist es hierbei von Vorteil, eine Größe zu berücksichtigen, die das zu erwartende Druckabnahmeverhalten beschreibt. Bei einem im Bremskreis stattfindenden Druckabbau wird die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe mit Hilfe eines mathematischen Modells, welches insbesondere einen Tiefpaß beschreibt, ermittelt.

Weitere Vorteile sowie vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen, der Zeichnung sowie der Beschreibung des Ausführungsbeispiels entnommen werden.

Zeichnung

Die Zeichnung besteht aus den Fig. 1 bis 8. Fig. 1 zeigt in einer Übersichtsdarstellung die erfindungsgemäße Bremsanlage. Dabei ist in Fig. 1 der hydraulische Schaltplan sowie das zur Bremsanlage gehörende Steuergerät dargestellt. In Fig. 2 ist das Steuergerät in detaillierter Form dargestellt. Fig. 3 zeigt die wesentlichen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung der den Bremskreisdruck repräsentierenden Größe. In Fig. 4 ist die Ermittlung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe dargestellt. Fig. 5 zeigt zum einen die Erfassung des Förderhaltens der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus und die daraus resultierende Bewertung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe. Zum anderen zeigt

Fig. 5 die Berücksichtigung der am Fahrzeug auftretenden Querbeschleunigung bei der Ermittlung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe. In Fig. 6 ist die Ermittlung des Wertes der den Bremskreisdruck repräsentierenden Größe dargestellt. Die Fig. 7 und 8 zeigen die Ermittlung der den Bremskreisdruck repräsentierenden Größe im Falle eines im Bremskreis stattfindenden Druckabbaus. Die Fig. 4 bis 6 beziehen sich auf einen fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau.

Es sei darauf hingewiesen, daß Komponenten bzw. Blöcke mit derselben Bezeichnung in unterschiedlichen Figuren dieselbe Funktion haben.

Ausführungsbeispiel

Dem Ausführungsbeispiel liegt eine in einem Fahrzeug enthaltene Bremsanlage 100, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, zugrunde. Die Bremsanlage besitzt einen zweikreisigen Hauptbremszylinder 101 mit einem Vorratsbehälter 102, mit beispielsweise einem pneumatischen Bremskraftverstärker 103 und mit einem Bremspedal 104, sowie zwei Bremskreise 107 bzw. 108. Dem Bremskreis 107 sind die beiden Räder 105hl bzw. 105hr nebst zugehörigen Aktuatoren 138hl bzw. 138hr zugeordnet. Dem Bremskreis 108 sind die beiden Räder 105vl bzw. 105vr nebst zugehörigen Aktuatoren 138vl bzw. 138vr zugeordnet. Zwischen dem Hauptbremszylinder 101 und den Aktuatoren 138hl, 138hr, 138vl bzw. 138vr ist eine Radschlupfregelvorrichtung 106, welche auch als Hydroaggregat bezeichnet wird, angeordnet. Bei den Aktuatoren handelt es sich um aus dem Stand der Technik bekannte Radbremsen, die über ein in den zugehörigen Radbremszylinder einspeisbares Bremsmedium betätigbar sind.

Nachfolgend wird für die Räder des Fahrzeuges die vereinfachte Schreibweise 105ij eingeführt. Dabei gibt der Index i an, ob sich das Rad an der Hinterachse (h) oder an der Vorderachse (v) befindet. Der Index j zeigt die Zuordnung zur rechten (r) bzw. zur linken (l) Fahrzeugseite an. Diese Kennzeichnung durch die beiden Indizes i bzw. j ist für sämtliche Größen bzw. Komponenten, bei denen sie Verwendung findet, beispielsweise den Aktuatoren 138ij bzw.

den in der Bremsanlage enthaltenen Ventilen bzw. Pumpen entsprechend.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Bremskreisaufteilung handelt es sich um eine sogenannte Schwarz/Weiß-Aufteilung. Diese Bremskreisaufteilung enthält einen ersten Bremskreis I, der mit 108 bezeichnet ist, und dem die Vorderräder 105vj des Fahrzeuges zugeordnet sind. Des weiteren enthält die Bremskreisaufteilung einen zweiten Bremskreis II, der mit 107 bezeichnet ist, und dem die Hinterräder 105hj des Fahrzeuges zugeordnet sind. Diese Bremskreisaufteilung soll keine Einschränkung darstellen. Es ist auch denkbar, das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer Bremsanlage mit anderer Bremskreisaufteilung einzusetzen.

Der Hauptbremszylinder 101 ist beispielsweise in an sich bekannter Weise aufgebaut und unter Zuhilfenahme des Bremspedals 104 betätigbar, so daß in den Bremskreisen 107 und 108 Bremsdrücke entstehen. Die mittels des Bremspedals 104 auf den Hauptbremszylinder 101 ausübende Wirkung ist mittels des Bremskraftverstärkers 103 verstärkbar. Der Vorratsbehälter 102 versorgt den Hauptbremszylinder 101 mit Druckmittel, das vom Hauptbremszylinder 101 aus in Richtung zu den Aktuatoren 138ij durch das Hydroaggregat 106 hindurch drückbar ist für einen normalen Bremsbetrieb.

Das Hydroaggregat 106 ist für die Beeinflussung von Radschlupf bei Betätigung des Bremspedals 104 als sogenannter Rückfördertyp ausgebildet und besitzt für den Bremskreis 107 eine Rückförderpumpe 111h und für den Bremskreis 108 eine Rückförderpumpe 111v. Ferner besitzt das Hydroaggregat 106 für jeden der Aktuatoren 138ij eine eigene Bremsdruckmodulationsventilanordnung 112ij, beispielsweise bestehend aus jeweils einem Einlaßventil 113ij und einem jeweiligen Auslaßventil 114ij, sowie für jeden Bremskreis 107 bzw. 108 eine Speicherkammer 115i. Des weiteren sind beispielsweise eine erste Dämpferkammer 116h für den Bremskreis 107 und eine zweite Dämpferkammer 116v für den Bremskreis 108 sowie eine Dämpferdrossel 117h bzw. 117v vorgesehen. Der für den Antrieb der Rückförderpumpen 111i erforderliche Motor ist in Fig. 1 nicht dargestellt. An dieser Stelle sei bemerkt, daß es auch denkbar ist, für jede der Rückförderpumpen 111i einen gesonderten Motor vorzusehen. Auch kann die bauliche Anordnung der Rückförderpumpen 111i verschieden realisiert sein. Zum einen ist es denkbar, beide Rückförderpumpen baulich getrennt voneinander anzuordnen. Zum anderen ist es denkbar, die Rückförderpumpen 111i baulich zusammenhängend anzuordnen, so daß dadurch im übertragenen Sinne eine aus zwei "Pumpenelementen" 111i bestehende Pumpe entsteht.

Ausgehend von den Aktuatoren 138ij sind deren jeweils zugeordnete Einlaßventile 113ij in Richtung zum Hauptbremszylinder 101 umgehbar mittels Rückschlagventilen 118ij, die in Richtung zum Hauptbremszylinder 101 hin offenbar sind bei einem Druckgefälle über dem jeweiligen Einlaßventil 113ij, beispielsweise wenn dieses in seine Sperrstellung gesteuert ist oder wenn in seiner normalen Offenstellung eine zugeordnete Drossel wirksam ist.

Anläßlich einer Betätigung des Bremspedals 104 und deshalb den Aktuatoren 138ij zugeführtem Bremsdruck ist Radschlupfregelbetrieb möglich mittels der genannten Einzelelemente des Hydroaggregats 106. Hierzu befinden sich die Einlaßventile 113ij zwischen den jeweiligen Aktuatoren 138ij und dem Hauptbremszylinder 101 normalerweise in Offenstellung, so daß durch Betätigung des Bremspedals 104 im Hauptbremszylinder 101 erzeugter Druck normalerweise in die Aktuatoren 138ij gelangen kann. Die jeweils ebenfalls mit den Aktuatoren 138ij verbundene Auslaßven-

tile 114ij der Bremsdruckmodulationsventilanordnungen 112ij sind in der Normalstellung geschlossen und ermöglichen in gesteuerter Stellung einen drosselnden Durchlaß und sind mit der Rückförderpumpe 111h des Bremskreises 107 eingangsseitig bzw. mit der Rückförderpumpe 111v des Bremskreises 108 eingangsseitig verbunden. Ausgangsseitig an die Rückförderpumpen 111i schließen sich die Dämpfer 116i an. In Richtung zum Hauptbremszylinder 101 sowie zu den jeweiligen Einlaßventilen 113i folgen auf die Dämpferkammern 116i die Drosseln 117i.

Zum Hydroaggregat 106 gehört noch ein Steuergerät 120 sowie den Rädern 105ij zugeordnete Raddrehzahlsensoren 119ij. Die mit Hilfe der Raddrehzahlsensoren 119ij erzeugten Signale nij werden dem Steuergerät 120 zugeführt. Dies ist in Fig. 1 durch die von den Raddrehzahlsensoren 119ij abgehenden elektrischen Leitungen sowie durch die Anschlüsse 122 am Steuergerät, die die dem Steuergerät zugeführten Signale darstellen sollen, angedeutet. Weitere mit dem Steuergerät 120 in Verbindung stehende Sensoren sind durch den Block 123 angedeutet. An das Steuergerät 120 sind die bereits beschriebenen Pumpen bzw. Ventile sowie weitere die noch zu beschreibenden Pumpen bzw. Ventile angeschlossen. Dies ist durch die Anschlüsse 121, die die vom Steuergerät 120 abgehenden Ansteuersignale darstellen sollen, und durch die an den Ventilen bzw. Pumpen sich befindenden elektrischen Leitungen angedeutet.

Bei dem Steuergerät 120 kann es sich beispielsweise um solch eines handeln, welches für eine Regelung des Bremschlupfes, bzw. für eine Regelung des Antriebsschlupfes, bzw. für eine Regelung einer die Fahrdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe, insbesondere der Gier rate des Fahrzeuges, eingesetzt wird.

Wird beispielsweise im Steuergerät 120 für alle Räder ein anwachsender Bremsschlupf mit bevorstehender Radblockierneigung festgestellt, so schaltet das Steuergerät 120 die Rückförderpumpen 111i ein, schließt alle Einlaßventile 113ij und öffnet alle zugeordneten Auslaßventile 114ij. Dies hat zur Folge, daß im Hauptbremszylinder 101 gegebenenfalls noch ansteigender Druck nicht in die Aktuatoren 138ij gelangt, sondern daß aus diesen Aktuatoren 138ij Bremsmedium in die Speicherkammern 115i abströmen kann, mit der Folge der Verminderung bzw. Beseitigung der Radblockiergefahr. Aus den Speicherkammern 115i fließt dann das Bremsmedium in die Rückförderpumpen 111i ein. Infolgedessen drücken diese Rückförderpumpen 111i das Bremsmedium durch die Dämpferkammern 116i und die Drosseln 117i über die beiden Umschaltventile 137i zurück zum Hauptbremszylinder 101. Folglich wird durch die Rückförderpumpe 111i der im Radbremszylinder vorliegende Druck abgebaut. Nach Beenden der Radblockiergefahr, es sei hier angenommen, daß die Radblockiergefahr an allen Rädern 105ij gleichzeitig verschwindet, werden die Bremsdruckmodulationsventilanordnungen 112ij in ihre Grundstellungen gebracht, indem das Steuergerät 120 die Zufuhr von für das Bremsdruckabsenken notwendigen Steuerströmen beendet. Ebenfalls beendet das Steuergerät 120 auch die Stromzufuhr für die beiden Rückförderpumpen 111i.

Beispielsweise ist das Steuergerät 120 auch so eingerichtet, daß bei unterschiedlicher Radblockiergefahr an den Rädern Drücke in den Aktuatoren 138ij individuell und unabhängig voneinander veränderbar sind.

Zum automatischen Bremsen besitzt das Hydroaggregat 106 noch Umschaltventile 137i, die in einer ersten Stellung als Durchlaßventil 124i und in einer zweiten Stellung als Druckbegrenzungsventil 125i fungieren. Parallel zu diesen Umschaltventilen 137i sind Rückschlagventile 126i angeordnet. Durch die Rückschlagventile 126i wird sichergestellt, daß der vom Fahrer eingestellte Vordruck Pvor zur

Verfügung gestellt wird. Desweiteren sind den Rückförderpumpen 111i eingangsseitig noch Vorladeventile 127i sowie Rückschlagventile 128i zugeordnet. Ausgangsseitig stehen die Rückförderpumpen jeweils mit einem weiteren Rückschlagventil 129i in Verbindung. Zwischen den Anschlüssen der Umschaltventile 137i sowie den Vorladeventilen 127i, die dem Hauptbremszylinder 101 zugewandt sind, sind jeweils Dämpferkammern 130i vorgesehen. Zur Versorgung des Hydroaggregats 106 für automatischen Bremsbetrieb ist wenigstens ein Pumpenaggregat 135, insbesondere eine Vorladepumpe, vorgesehen, welches dem Bremskreis 108 zugeordnet ist. Zu diesem Zweck verläuft von dem Pumpenaggregat 135 zu einer Hauptbremsleitung 110, die sich zwischen dem Hauptbremszylinder 101 und dem Hydroaggregat 106 befindet, eine Einspeiseleitung 132, in die ein zur Hauptbremsleitung 110 hin offenes Rückschlagventil 134 eingebaut ist. Das Pumpenaggregat 135 ist mittels einer Saugleitung 136 an den Vorratsbehälter 102 angeschlossen. Zwischen dem Rückschlagventil 134 und der Hauptbremsleitung 110 ist ein Sensor 133 vorgesehen, der ein Signal erzeugt, welches den vom Fahrer eingestellten Vordruck Pvor repräsentiert.

Der zweite Bremskreis 107 ist über eine ihm zugeordnete Hauptbremsleitung 109, die sich ebenfalls zwischen dem Hauptbremszylinder 101 und dem Hydroaggregat 106 befindet, an den Hauptbremszylinder 101 angeschlossen.

Erkennt das Steuergerät 120 beispielsweise, daß automatisches Bremsen, d. h. ein fahrerunabhängiger Druckaufbau auf wenigstens einem der Vorderräder 105vj erforderlich ist, so schaltet das Steuergerät 120 das Pumpenaggregat 135 ein, so daß dieses durch das gleichzeitig von dem Steuergerät 120 elektrisch geöffneten Vorladeventil 127v hindurch die Rückförderpumpe 111v mit Bremsmedium versorgt, so daß diese bei einer Umschaltung des Umschaltventils 137v auf den Betrieb als Druckbegrenzungsventil 125v Druck für den wenigstens einen Aktuator 138vj zur Verfügung stellt. Durch das Druckbegrenzungsventil 125v wird ein zu starker Druckanstieg im Bremskreis 108 vermieden.

Entsprechend wird verfahren, wenn bezüglich der Hinterräder 105hj ein fahrerunabhängiger Druckaufbau erforderlich ist, allerdings steht hier ein dem Pumpenaggregat 135 entsprechendes Mittel nicht zur Verfügung. Über eine Verschiebung des Schwimmkolbens im Hauptbremszylinder 101 wird auch in diesem Bremskreis die Rückförderpumpe 111h mit Bremsmedium versorgt.

Die im Zusammenhang mit dem automatischen Bremsen beschriebene Vorgehensweise entspricht der, die in einem Antriebsschlupf-Regelfall zur Vermeidung des Durchdrehens der angetriebenen Räder durchgeführt wird.

Neben den bereits beschriebenen Komponenten enthält das Hydroaggregat an verschiedenen Stellen mit 131 bezeichnete Filter, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Abschließend sei zu Fig. 1 bemerkt, daß die in ihr offenbarte Schwarz/Weiß-Aufteilung der Bremsanlage keine Einschränkung darstellen soll, denkbar wäre beispielsweise auch eine Diagonalaufteilung der Bremsanlage. Ferner ist auch denkbar, die beschriebene Funktion der Bremsanlage auch unter Verwendung anderer Komponenten zu realisieren. Außerdem soll die Darstellung einer hydraulischen Bremsanlage keine Einschränkung darstellen. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung wäre auch im Zusammenhang mit einer pneumatischen Bremsanlage denkbar.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist für den Bremskreis 108 der beispielsweise an der Stelle A vorherrschende Bremskreisdruk ermittelbar, sowie für den Bremskreis 107 der beispielsweise an der Stelle B vorherrschende Bremskreis-

druck ermittelbar.

Der bereits erwähnte fahrerunabhängig durchgeführte Druckaufbau wird als aktiver bzw. teilaktiver Druckaufbau realisiert; in beiden Fällen ist der Bremskreisdruk größer als der vom Fahrer eingestellte Bremsdruck Pvor.

In Fig. 2 ist der für das erfindungsgemäße Verfahren bzw. der für die erfindungsgemäße Vorrichtung wesentliche Aufbau des Steuergerätes 120 dargestellt. Das Steuergerät 120 weist einen Block 201 auf, der den Reglerkern des im Fahrzeug implementierten Schlupfregelsystems darstellt. Diesem Reglerkern 201 werden die mit den Raddrehzahlsensoren 119ij ermittelten Raddrehzahlen nij zugeführt. Ferner erhält der Reglerkern 201 das mit Hilfe des Sensors 133 ermittelte Signal Pvor, welches den vom Fahrer eingestellten Bremsdruck repräsentiert. Wie bereits in Fig. 1 angedeutet, werden dem Reglerkern 201 weitere Signale Sx zugeführt, die von weiteren im Fahrzeug vorhandenen Sensoren, die mit dem Block 123 angedeutet sind, erzeugt werden. Zu diesen weiteren Sensoren soll wenigstens ein Sensor gehören, der die am Fahrzeug angreifende Querbewegungserfaßt. Sofern es sich bei dem im Fahrzeug implementierten Regelungssystem um ein System zur Regelung einer der Fahrzeugdynamik beschreibenden Größe, insbesondere der Gierrate, handelt, stellt der Block 123 wenigstens einen Lenkwinkelsensor, einen Gierratensensor bzw. den bereits erwähnten Querbewegungssensor, dar.

Ferner sind in dem Block 203 weitere im Fahrzeug enthaltene Regelungssysteme bzw. Regler dargestellt. Die mit diesen Regelungssystemen bzw. Reglern erzeugten Signale Rx werden ebenfalls dem Reglerkern 201 zugeführt. Die Signale nij, Pvor, Sx bzw. Rx sind in Fig. 1 mit 122 bezeichnet.

Desweiteren weist das Steuergerät 120 einen Block 202 auf, in dem für den Bremskreis 108 die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe pkreis1 und für den Bremskreis 107 die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe pkreis2 ermittelt wird. Sowohl der Wert für den Bremskreisdruk pkreis1 als auch der Wert für den Bremskreisdruk pkreis2 werden ausgehend vom Block 202 dem Block 201 zugeführt. Zur Ermittlung der Bremskreisdruk pkreis1 bzw. pkreis2 werden dem Block 202 ausgehend vom Reglerkern 201 wenigstens die Werte prad105ij, die den im jeweiligen Radbremszylinder vorherrschenden Druck beschreiben, zugeführt. Ferner erhält der Block 202 ausgehend vom Reglerkern 201 ein die am Fahrzeug angreifende Querbewegung beschreibendes Signal ay, ein den vom Fahrer eingestellten Druck beschreibendes Signal Pvor sowie die Ansteuersignale Ay, mit denen die in der Bremsanlage befindlichen Ventile bzw. Pumpen angesteuert werden. In Abhängigkeit des im Fahrzeug implementierten Schlupfregelsystems generiert der Reglerkern 201 in Abhängigkeit der ihm zugeführten Eingangssignale die Ansteuersignale Ay, mit denen wenigstens die in der Bremsanlage enthaltenen Einlaßventile 113ij, Auslaßventile 114ij, Vorladeventile 127i, Umschaltventile 137i sowie die Rückförderpumpen 111i angesteuert werden. Ferner generiert der Reglerkern 201 weitere Ansteuersignale By, mit denen beispielsweise das in der Bremsanlage enthaltene Pumpenaggregat 135 sowie weitere im Fahrzeug angeordnete Komponenten, die im Block 204 zusammengefaßt sind, angesteuert werden. Außerdem erzeugt der Reglerkern 201 Signale Ry, die den weiteren im Fahrzeug enthaltenen und mit dem Block 205 angedeuteten Reglern zugeführt werden. Die Blöcke 203 bzw. 205 können entweder dieselben oder unterschiedliche Regler enthalten.

In Fig. 3 ist mit Hilfe eines Flußdiagrammes das in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ablaufende erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung des Bremskreisdruk im

Bremskreis 108 dargestellt. Im weiteren Verlauf wird der Bremskreis 108 mit I bezeichnet. Die Auswahl des Bremskreises 108 bzw. I zur Beschreibung der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens soll keine Einschränkung darstellen. Die Ermittlung des Bremskreisdrukkes im Bremskreis 107, d. h. im Bremskreis II kann in gleicher Weise wie die für den Bremskreis I erfolgen.

Die Ermittlung des Bremskreisdrukkes p_{kreis I} im Bremskreis I startet mit dem Schritt 301. Dabei ist vorausgesetzt, daß ein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau vorliegt, wie er im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben wurde, d. h. daß die Rückförderpumpe 111v Bremsmedium fördert. Bei einem fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau, der durch einen aktiven bzw. teilaktiven Bremseneingriff realisiert wird, kann nicht wie beim passiven Bremseneingriff d. h. bei einem Bremseneingriff, bei dem der in den Radbremszylindern realisierte Druck direkt vom Fahrer über das Bremspedal vorgegeben wird, von dem durch den Fahrer vorgegebenen Bremsdruck P_{vor} auf den Bremskreisdruk geschlossen werden. Im Normalfall entspricht bei einem passiven Bremseneingriff der im Bremskreis vorherrschende Druck dem vom Fahrer vorgegebenen Bremsdruck P_{vor}. Bei einem fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau, gilt dieser Zusammenhang nicht mehr, da in diesem Fall der Bremskreis durch das Umschaltventil 137v vom Hauptbremszylinder 101 abgetrennt ist, und insofern Information über den vom Fahrer eingestellten Bremsdruck P_{vor} nicht mehr verfügbar ist.

Im Anschluß an den Schritt 301 wird der Schritt 302 durchgeführt. Im Schritt 302 wird eine den Zustand des Bremskreises I beschreibende Größe ermittelt. Bei dieser den Zustand des Bremskreises I beschreibenden Größe handelt es sich beispielsweise um die Kompressibilität e₁ des Bremskreises I. Die Kompressibilität e₁ beschreibt für den Bremskreis I den Zusammenhang zwischen der Druckänderung im Bremskreis I und der im Bremskreis I stattfindenden Volumenänderung. An den Schritt 302 schließt sich der Schritt 303 an. Im Schritt 303 wird eine Korrektur der Kompressibilität e₁ des Bremskreises I in Abhängigkeit von für den Bremskreis I ermittelten Korrekturfaktoren e_{korrr1} durchgeführt. In die Ermittlung der Korrekturfaktoren geht, wie weiter unten noch beschrieben wird, beispielsweise das Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v während eines fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbaus ein. Im Anschluß an den Schritt 303 wird der Schritt 304 ausgeführt. Im Schritt 304 wird für den Bremskreis I ein Druckgradient dp_{kreis I} ermittelt, der den Anstieg des Bremskreisdrukkes p_{kreis I} während eines fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbaus beschreibt. Nach dem Schritt 304 wird der Schritt 305 ausgeführt. In diesem Schritt wird der Druck p_{kreis I} für den Bremskreis I ermittelt. Im Anschluß an den Schritt 305 wird eine Abfrage im Schritt 306 ausgeführt. Durch diese Abfrage wird im Schritt 306 festgestellt, ob im Bremskreis I ein Druckabbau stattfindet. Findet im Bremskreis I ein Druckabbau statt, so wird als nächstes der Schritt 307 ausgeführt. In diesem Schritt wird für den Bremskreis I die den Bremskreisdruk beschreibende Größe p_{kreis I} reduziert. Im Anschluß an den Schritt 307 wird der Schritt 308 ausgeführt, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren beendet wird. Wird im Schritt 306 dagegen festgestellt, daß im Bremskreis I kein Druckabbau stattfindet, so wird direkt im Anschluß an den Schritt 306 der Schritt 308 ausgeführt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß das in Fig. 3 beschriebene erfindungsgemäße Verfahren permanent im Hintergrund des im Fahrzeug implementierten Regelungssystems abläuft. Dies bedeutet, daß im Normalfall im Anschluß an den Schritt 308 wieder der Schritt 301 ausgeführt

wird.

Mit Hilfe des in Fig. 4 dargestellten Flußdiagrammes wird die im Schritt 302 stattfindende Ermittlung der Kompressibilität e₁ für den Bremskreis I näher beschrieben. Ferner zeigt Fig. 4 die Ermittlung des über das Vorladeventil 127v in den Bremskreis I eingespeiste Volumen des Bremsmediums. Die Ermittlung der Kompressibilität e₁ startet mit einem Schritt 401. Im Anschluß an den Schritt 401 werden die im Bremskreis I geöffneten Einlaßventile 113vj ermittelt. Die geöffneten Einlaßventile 113vj können anhand der vom Reglerkern 201 ausgegebenen Ansteuersignale A_y ermittelt werden. Die Ermittlung der geöffneten Einlaßventile 113vj ergibt allgemein zum einen die Anzahl und zum anderen die Art der geöffneten Einlaßventile im Bremskreis I. D. h. zum einen erhält man eine Information darüber, ob im Bremskreis I kein Einlaßventil bzw. ein Einlaßventil bzw. beide Einlaßventile geöffnet sind. Zum anderen erhält man eine Information darüber, ob das Einlaßventil eines Vorderrades bzw. das Einlaßventil eines Hinterrades geöffnet ist. Die Information über Anzahl bzw. Art der geöffneten Einlaßventile 113vj ist deshalb von Bedeutung, da sich die Kompressibilität e₁ in Abhängigkeit der Anzahl bzw. der Art der geöffneten Einlaßventile unterschiedlich verhält. Der Einfluß der Anzahl der geöffneten Einlaßventile 113vj auf die Kompressibilität e₁ ist dergestalt, daß je weniger Einlaßventile geöffnet sind, die Kompressibilität e₁ um so größer ist. Die Ermittlung der Art der geöffneten Einlaßventile 113vj ist im Zusammenhang mit der offenbarten Schwarz/Weiß-Aufteilung der Bremsanlage 100 nicht von Bedeutung, da bei der Ermittlung der Kompressibilität e₁ für den Bremskreis I bzw. bei der Ermittlung der Kompressibilität e₂ für den Bremskreis II bei dieser Bremskreisaufteilung schon bekannt ist, daß der Bremskreis I ausschließlich Vorderräder und der Bremskreis II ausschließlich Hinterräder aufweist. Insofern wäre für die offenbarte Bremskreisaufteilung die Ermittlung der Anzahl der geöffneten Einlaßventile 113vj ausreichend, da die Art der Einlaßventile 113vj vorab bekannt ist. Die Ermittlung der Art der geöffneten Einlaßventile 113vj ist beispielsweise bei einer sogenannten Diagonalaufteilung der Bremskreise von Bedeutung. Ist allein ein Einlaßventil eines Vorderrades geöffnet, so nimmt die Kompressibilität kleinere Werte an, als wenn allein ein Einlaßventil eines Hinterrades geöffnet ist. Dies hängt damit zusammen, daß der Radbremszylinder eines Vorderrades üblicherweise ein größeres Volumen aufnehmen kann.

Im Anschluß an den Schritt 402 wird im Schritt 403 eine Abfrage ausgeführt. In der im Schritt 403 stattfindenden Abfrage wird für die Räder 105vj ermittelt, ob der Druck p_{rad105vj} in den zugehörigen Radbremszylindern jeweils größer als ein Schwellwert Sp_{1a} ist. Gleichzeitig wird für die Räder 105vj ermittelt, ob das zugehörige Auslaßventil 114vj im vorigen Rechenzyklus geöffnet war. Mit der ersten Abfrage wird festgestellt, ob sich in dem zum Rad 105vj gehörenden Radbremszylinder überhaupt Bremsmedium befindet. Mit der zweiten Abfrage wird ermittelt, ob sich aufgrund der im vorigen geöffnet gewesenen Auslaßventile 114vj Bremsmedium in der Speicherkammer 115v befindet. Sind im Schritt 403 gleichzeitig beide Abfragen erfüllt, so wird als nächstes der Schritt 404 ausgeführt. Sind dagegen im Schritt 403 beide Abfragen nicht gleichzeitig erfüllt, so wird als nächstes der Schritt 405 ausgeführt.

Im Schritt 404 wird zunächst ausgehend von den Ansteuersignalen A_y die Ansteuerzeit T_{127v} des Vorladeventils 127v ermittelt. Da im Schritt 403 beide Abfragen gleichzeitig erfüllt waren, kann davon ausgegangen werden, daß sich in der Speicherkammer 115 Bremsmedium befindet. Dieses Bremsmedium wird zusätzlich zu dem über das Vorladeven-

til 127v in den Bremskreis I eingespeisten Volumen mit in den Bremskreis I eingespeist. Um das in der Speicherkammer 115v befindliche Bremsmedium bei der Ermittlung des Druckes pkreis1 für den Bremskreis I mit zu berücksichtigen, wird im Schritt 404 eine Korrektur der Ansteuerzeit T127v des Vorladeventils 127v durchgeführt. Die Ansteuerzeit T127v wird dabei in Abhängigkeit des Volumens des in der Speicherkammer 115 befindlichen Bremsmediums dergestalt korrigiert, daß die Ansteuerzeit T127v mit zunehmendem Volumen zunehmend verlängert wird. Bei der Korrektur der Ansteuerzeit T127v wird das Volumen des in der Speicherkammer 115v befindlichen Bremsmediums nicht direkt ermittelt, sondern es wird als Maß für das Volumen der im Radbremszylinder des Rades 105vj herrschende Druck prad105vj berücksichtigt.

Im Anschluß an den Schritt 404 wird der Schritt 405 ausgeführt. In diesem Schritt wird das über das Vorladeventil 127v in den Bremskreis I eingespeiste Volumen uvolumen1 ermittelt. Das in dem Bremskreis I eingespeiste Volumen uvolumen1 ergibt sich beispielsweise aus der korrigierten Ansteuerzeit T127v des Vorladeventils 127v und der auf eine Zeiteinheit bezogenen Förderleistung der Rückförderpumpe 111v. Dabei ist es empfehlenswert, den Wert des in den Bremskreis I eingespeisten Volumens uvolumen1 auf einen Wert zu begrenzen, der durch die Konstruktion der Rückförderpumpe 111v vorgegeben ist. Auf den Schritt 405 folgt der Schritt 406. Im Schritt 406 wird für den Bremskreis I die Kompressibilität e1 in Abhängigkeit der geöffneten Einlaßventile 113vj und in Abhängigkeit des momentanen Wertes des Bremskreisesdruckes pkreis1 für den Bremskreis I ermittelt. Wie bereits im Zusammenhang mit Schritt 402 angedeutet, wird hierbei sowohl die Anzahl als auch die Art der geöffneten Einlaßventile 113vj berücksichtigt. Die Ermittlung der Kompressibilität e1 wird durch den Schritt 407 beendet, der sich an den Schritt 406 anschließt.

In Fig. 5 ist mit Hilfe eines Flußdiagrammes die im Schritt 303 stattfindende Korrektur der Kompressibilität e1 für den Bremskreis I ausführlicher dargestellt.

Bei der Korrektur der Kompressibilität e1 werden im wesentlichen zwei Dinge berücksichtigt. Zum einen wird das erfaßte Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus und zum anderen eine am Fahrzeug auftretenden Querschleunigung mit berücksichtigt.

Das Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v wird aus folgendem Grund mit berücksichtigt: Wie im Schritt 405 gezeigt, wird das über das Vorladeventil 127v in den Bremskreis I eingespeiste Volumen uvolumen1 ermittelt. Wie noch gezeigt wird, geht dieses Volumen in die Ermittlung des Bremskreisesdruckes pkreis1 ein. Das über das Vorladeventil 127v in den Bremskreis I eingespeiste Volumen uvolumen1 hängt in starkem Maße vom Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus ab. Im Normalfall wird vorausgesetzt, daß die Rückförderpumpe 111v eine konstante Förderleistung aufweist, die nur in wenigen Situationen um einen konstanten und bekannten Faktor reduziert ist. Der Faktor kann aber auch nicht vorab bekannt sein, bzw. kann auch variabel sein. Um das tatsächliche Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v genauer nachzubilden und somit die Ermittlung des Bremskreisesdruckes pkreis1 zu verbessern, werden diese Situationen erfaßt und die Abweichung des Förderverhaltens der Rückförderpumpe 111v während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus von dem idealerweise angenommenen konstanten Förderverhalten durch die Korrektur der Kompressibilität e1 berücksichtigt.

Der nachfolgend im Zusammenhang mit der Rückförderpumpe 111v verwendete Begriff "Hochlaufen" ist so zu ver-

stehen, daß bei einer hochlaufenden Pumpe Drehzahl und Förderleistung solange steigen, bis die Pumpe die sie charakterisierende Förderleistung erreicht hat, d. h. bis die Pumpe hochgelaufen ist.

Die am Fahrzeug auftretende Querschleunigung wird aus folgendem Grund berücksichtigt: Bei großen Querschleunigungen kann es vorkommen, daß die Kolben der Radbremszylinder in diese hineingedrückt werden. Um die Kolben aus dem Radbremszylinder wieder herauszubringen, muß die Rückförderpumpe 111v Bremsmedium in die Radbremszylinder pressen, welches somit für eine Druckerhöhung im Bremskreis I nicht zur Verfügung steht. Diese Beeinflussung des Bremskreisesdruckes pkreis1 im Bremskreis I wird durch eine Korrektur der Kompressibilität e1 in Abhängigkeit der am Fahrzeug auftretenden Querschleunigung berücksichtigt.

Die Korrektur der Kompressibilität e1 startet mit einem Schritt 501. Nachfolgend wird die im Schritt 502 stattfindende Abfrage ausgeführt. Durch die im Schritt 502 stattfindende Abfrage wird ermittelt, ob die Ansteuerung der Rückförderpumpe 111v aktiv ist. Diese Abfrage kann beispielsweise durch Auswertung der vom Reglerkern 201 generierten Ansteuerersignale Ay durchgeführt werden. Wird im Schritt 502 ermittelt, daß die Ansteuerung der Rückförderpumpe 111v aktiv ist, so wird als nächstes der Schritt 503 ausgeführt. Im Schritt 503 wird ein Zähler T111va, der die Zeitdauer repräsentiert, während der die Rückförderpumpe 111v schon angesteuert wird, mit einem Begrenzungswert TRFPmax, der die Zeitdauer beschreibt, ab der angenommen werden kann, daß die Rückförderpumpe 111v hochgelaufen ist, verglichen. Ergibt sich im Schritt 503, daß der Zähler T111va kleiner ist als der Begrenzungswert TRFPmax, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v noch nicht hochgelaufen ist, so wird als nächstes der Schritt 504 ausgeführt, in dem der Zähler T111va um 1 erhöht wird. Im Anschluß an den Schritt 504 wird der Schritt 507 ausgeführt. Ergibt sich dagegen im Schritt 503, daß der Zähler T111va größer ist als der Begrenzungswert TRFPmax, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v hochgelaufen ist, so wird nach dem Schritt 503 der Schritt 507 ausgeführt.

Wird dagegen im Schritt 502 festgestellt, daß die Ansteuerung der Rückförderpumpe 111v nicht aktiv ist, so wird als nächstes der Schritt 505 ausgeführt. Im Schritt 505 wird der Zähler T111va mit dem Wert 0 verglichen. Durch diese Abfrage wird ermittelt, ob die Rückförderpumpe 111v noch läuft, obwohl sie nicht mehr angesteuert wird. Wird im Schritt 505 festgestellt, daß der Zähler T111va größer ist als 0, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v noch läuft, so wird als nächstes der Schritt 506 ausgeführt, in dem der Zähler T111va um 1 verringert wird. Im Anschluß an den Schritt 506 wird der Schritt 507 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 505 festgestellt, daß der Zähler T111va nicht größer ist als 0, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v nicht mehr läuft, so wird nach dem Schritt 505 der Schritt 507 ausgeführt.

Im Schritt 507 wird zunächst in Abhängigkeit des Zählers T111va und des Begrenzungswertes TRFPmax ein Korrekturwert eKorr1a für die Kompressibilität e1 ermittelt. In Abhängigkeit des im Schritt 406 ermittelten Wertes für die Kompressibilität e1 und des Korrekturwertes eKorr1a wird im Schritt 507 ein korrigierter Wert für die Kompressibilität e1 ermittelt. Der korrigierte Wert der Kompressibilität e1 ergibt sich beispielsweise durch Multiplikation des Wertes der Kompressibilität e1, der im Schritt 406 ermittelt wurde und dem Korrekturfaktor eKorr1a. Der Korrekturfaktor eKorr1a kann dabei beispielsweise wie folgt ermittelt werden: Wird im Schritt 505 festgestellt, daß der Zähler T111va nicht grö-

ßer als 0 ist, so wird dem Korrekturfaktor e_{Korr1a} der Wert 0 zugewiesen. Wird im Schritt 503 festgestellt, daß der Zähler $T111va$ größer ist als der Begrenzungswert $TRFP_{max}$, so wird dem Korrekturfaktor e_{Korr1a} der Wert 1 zugewiesen. Für Werte des Zählers $T111va$ zwischen 0 bzw. $TRFP_{max}$ wird dem Korrekturfaktor e_{Korr1a} ein entsprechend zwischen 0 und 1 liegender Wert zugewiesen. Durch diese Wertzuweisung für den Korrekturfaktor e_{Korr1a} erreicht man, daß je länger die Rückförderpumpe 111v läuft, die Kompressibilität $e1$ um so größer ist. Läuft die Rückförderpumpe 111v nicht ($T111va$ ist nicht größer 0), so wird die Kompressibilität $e1$ zu 0 korrigiert, da die Rückförderpumpe 111v kein Bremsmedium fördert. Ist die Rückförderpumpe 111v hochgelaufen ($T111va$ ist größer als der Begrenzungswert $TRFP_{max}$) so wird die Kompressibilität $e1$ quasi nicht korrigiert, da die Rückförderpumpe 111v ihre sie charakterisierende Förderleistung erreicht hat.

Mit der Abfrage, die durch die Schritte 502 bis 507 realisiert ist, wird wenigstens ermittelt, ob sich die Rückförderpumpe 111v in einer Anlaufphase befindet oder nicht.

Im Anschluß an den Schritt 507 wird der Schritt 508 ausgeführt. Im Schritt 508 ist der Betrag der Größe ay_{mess} , welcher die am Fahrzeug angreifende Querbewegung repräsentiert mit einem Schwellwert Say verglichen. Ist der Betrag der Größe ay_{mess} größer als der Schwellwert Say , so wird nach dem Schritt 508 der Schritt 509 ausgeführt. Im Schritt 509 wird dem Zustandszeiger $aye1$ der Wert 1 zugewiesen. Im Anschluß an den Schritt 509 folgt der Schritt 510. Wird im Schritt 508 dagegen festgestellt, daß der Betrag der Größe ay_{mess} nicht größer ist als der Schwellwert Say , so wird nach dem Schritt 508 der Schritt 510 ausgeführt. Der Schwellwert Say stellt in diesem Zusammenhang eine Größe dar, ab der davon ausgegangen werden kann, daß die Kolben der Radbremszylinder in diese aufgrund der großen Querbewegung hineingedrückt werden.

Im Schritt 510 wird überprüft, ob der ermittelte Bremskreisdruk p_{kreis1} für den Bremskreis I größer ist als ein Schwellwert $Sp1b$. Durch diese Abfrage soll festgestellt werden, ob der im Bremskreis I vorherrschende Bremskreisdruk p_{kreis1} ausreicht, die in die Radbremszylinder hineingedrückten Kolben wieder herauszudrücken. Dies ist dann der Fall wenn der Bremskreisdruk p_{kreis1} größer ist als der Schwellwert $Sp1b$. Wird im Schritt 510 festgestellt, daß der Bremskreisdruk p_{kreis1} größer ist als der Schwellwert $Sp1b$, so wird nach dem Schritt 510 der Schritt 511 ausgeführt, in welchem dem Zustandszeiger $aye1$ der Wert 0 zugewiesen wird. Im Anschluß an den Schritt 511 wird der Schritt 512 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 510 festgestellt, daß der Bremskreisdruk p_{kreis1} nicht größer ist als der Schwellwert $Sp1b$, so wird nach dem Schritt 510 der Schritt 512 ausgeführt.

Im Schritt 512 wird mit Hilfe einer Abfrage festgestellt, ob dem Zustandszeiger $aye1$ der Wert 1 zugewiesen ist. Ist dem Zustandszeiger $aye1$ der Wert 1 zugewiesen, so bedeutet dies, daß die Kolben der Radbremszylinder in diese hineingedrückt sind und der Bremskreisdruk p_{kreis1} nicht ausreicht, die Kolben wieder aus den Radbremszylindern herauszudrücken, und somit das zu Beginn des fahrerunabhängigen Druckaufbaus durch die Rückförderpumpe 111v geförderte Bremsmedium zum Herausdrücken der Kolben aus den Radbremszylindern aufgebracht werden muß und somit keinen Beitrag zur Erzeugung einer Bremskraft leisten kann. Um diese Tatsache zu berücksichtigen, wird im Anschluß an den Schritt 512 der Schritt 513 dann ausgeführt, wenn der Zustandszeiger $aye1$ den Wert 1 angenommen hat. Im Schritt 513 wird die Kompressibilität $e1$ mit einem Faktor e_{Korr1b} korrigiert. Der Korrekturfaktor e_{Korr1b} wird dabei in Abhängigkeit der ermittelten Querbewegung

beschleunigung ay_{mess} ermittelt. Im Anschluß an den Schritt 513 wird der Schritt 514 ausgeführt.

Wird dagegen im Schritt 512 festgestellt, daß dem Zustandszeiger $aye1$ nicht der Wert 1 zugewiesen ist, was gleichbedeutend damit ist, daß die Kolben der Radbremszylinder nicht in diese hineingedrückt sind, so wird im Anschluß an den Schritt 512 der Schritt 514 ausgeführt.

Durch die in den Schritten 508 bis 513 stattfindenden Abfragen und durch die Korrektur der Kompressibilität $e1$ wird das aufgrund großer Querbewegungen auftretende Scheibenkippen- bzw. Lüftspiel in einer Bremsanlage berücksichtigt.

Im Schritt 514 wird ermittelt, ob gleichzeitig im Bremskreis I und im Bremskreis II ein Druckaufbau stattfindet. Diese Abfrage wird deshalb durchgeführt, da bei einem zweikreisigen Bremsdruckaufbau sich die Drehzahl der Rückförderpumpe 111v reduziert. Wird im Schritt 514 festgestellt, daß sowohl im Bremskreis I als auch im Bremskreis II ein Druckaufbau stattfindet, so wird im Anschluß an den Schritt 514 ein Schritt 515 ausgeführt, in welchem die Kompressibilität $e1$ mit einem Korrekturfaktor e_{Korr1c} korrigiert wird. Im Anschluß an den Schritt 515 folgt der Schritt 516. Wird dagegen im Schritt 514 festgestellt, daß nicht gleichzeitig im Bremskreis I und im Bremskreis II ein Druckaufbau stattfindet, so wird im Anschluß an den Schritt 514 der Schritt 516 ausgeführt.

In Abhängigkeit der Schritte 514 bzw. 515 wird folglich festgestellt, ob in einem weiteren Bremskreis als dem Bremskreis I der Bremsanlage ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchgeführt wird, während die Rückförderpumpe 111v des Bremskreises I fördert.

Im Schritt 516 wird ein Zähler $T111v_{leer}$, der die Förderdauer der Rückförderpumpe 111v beschreibt, während der die Rückförderpumpe 111v Bremsmedium fördert, mit einem Vergleichswert $ST1$ verglichen. Je größer der Wert des Zählers $T111v_{leer}$ ist, desto eher kann davon ausgegangen werden, daß die Rückförderpumpe 111v mit ihrer Leerlaufdrehzahl läuft. In diesem Fall ist die Förderleistung der Rückförderpumpe 111v unabhängig von ihrer Drehzahl. Ist dagegen die Drehzahl der Rückförderpumpe 111v kleiner als ihre Leerlaufdrehzahl, so muß davon ausgegangen werden, daß ihre Förderleistung drehzahlabhängig ist.

Ist der Zähler $T111v_{leer}$ kleiner als der Vergleichswert $ST1$, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v ihre Höchstdrehzahl aufgrund des Zustandes im Bremskreis I noch nicht erreicht hat, so wird im Anschluß an den Schritt 516 ein Schritt 517 ausgeführt, in welchem der Zähler $T111v_{leer}$ um 1 erhöht wird. Im Anschluß an den Schritt 517 folgt ein Schritt 518. Wird dagegen im Schritt 516 festgestellt, daß der Zähler $T111v_{leer}$ größer als der Vergleichswert $ST1$ ist, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v ihre Höchstdrehzahl erreicht hat, so wird im Anschluß an den Schritt 516 der Schritt 518 ausgeführt.

Im Schritt 518 wird eine Abfrage ausgeführt, mit der festgestellt wird, ob sich der Bremskreisdruk p_{kreis1} im Bremskreis I oder ob sich der Bremskreisdruk p_{kreis2} im Bremskreis II im Vergleich zum vorigen Rechenzyklus geändert hat. Wird bei dieser Abfrage festgestellt, daß sich der Bremskreisdruk p_{kreis1} im Bremskreis I oder daß sich der Bremskreisdruk p_{kreis2} im Bremskreis II im Vergleich zum vorigen Rechenzyklus geändert hat, so wird als nächstes der Schritt 519 ausgeführt, in welchem dem Zähler $T111v_{leer}$ der Wert 0 zugewiesen wird. Hat sich der Bremskreisdruk p_{kreis1} im Bremskreis I noch der Bremskreisdruk p_{kreis2} im Bremskreis II im Vergleich zum vorigen Rechenzyklus geändert, so kann davon ausgegangen werden, daß die Rückförderpumpe 111v nicht mehr mit Höchst-

drehzahl fördert, weswegen im Schritt 519 im Zähler T111vleer der Wert 0 zugewiesen wird. Bei dieser Abfrage werden beide Bremskreise berücksichtigt, da die Drehzahl der Rückförderpumpe 111v zum einen unmittelbar durch den Zustand des Bremskreises I und zum anderen über den Motor, der beide Rückförderpumpen 111i antreibt, auch mittelbar durch den Zustand des Bremskreises II beeinflusst wird.

Im Anschluß an den Schritt 519 wird der Schritt 520 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 518 festgestellt, daß sich weder der Bremskreisdruk pkreis1 im Bremskreis I noch der Bremskreisdruk pkreis2 im Bremskreis II im Vergleich zum vorigen Rechenzyklus nicht geändert hat, so wird nach dem Schritt 518 der Schritt 520 ausgeführt.

Im Schritt 520 wird der Zähler T111vleer mit einem Schwellwert STleer verglichen. Ist der Zähler T111vleer kleiner als der Schwellwert STleer, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v nicht mit ihrer Leerlaufdrehzahl läuft, und somit die Förderleistung der Rückförderpumpe 111v drehzahlabhängig ist, so wird im Anschluß an den Schritt 520 ein Schritt 521 ausgeführt, in welchem die Kompressibilität e1 mit einem Faktor eKorrld korrigiert wird. Mit dieser Korrektur der Kompressibilität e1 wird der Beeinflussung der Kompressibilität e1 aufgrund der drehzahlabhängigen Förderleistung der Rückförderpumpe 111v Rechnung getragen. In die Ermittlung des Korrekturfaktors eKorrld geht wenigstens der Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 ein. Im Anschluß an den Schritt 521 wird der Schritt 522 ausgeführt, mit dem die Korrektur der Kompressibilität e1 beendet wird.

Wird dagegen im Schritt 520 festgestellt, daß der Zähler T111vleer nicht kleiner als der Schwellwert STleer ist, was gleichbedeutend damit ist, daß die Rückförderpumpe 111v mit ihrer Leerlaufdrehzahl läuft und somit die Förderleistung der Rückförderpumpe 111v nicht drehzahlabhängig ist, so wird nach dem Schritt 520 der Schritt 522 ausgeführt.

Mit Hilfe der Schritte 516 bis 521 wird folglich bei der Bildung der Kompressibilität e1 die sich bei einem fahrerunabhängigen Druckaufbau ergebende Abhängigkeit der Förderleistung der Rückförderpumpe 111v wenigstens vom Bremskreisdruk pkreis1 berücksichtigt. Folglich wird dadurch das Förderverhalten der Rückförderpumpe 111v während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus erfasst.

Abschließend sei festgehalten, daß es durchaus denkbar ist, lediglich einen der Teil der in Fig. 5 beschriebenen Korrekturen durchzuführen.

In Fig. 6 ist mit Hilfe eines Flußdiagrammes die im Schritt 304 stattfindende Ermittlung des Druckgradienten dpkreis1 für den Bremskreis I sowie die im Schritt 305 stattfindende Ermittlung des Druckes pkreis1 für den Bremskreis I ausführlicher dargestellt. Die Ermittlungen starten mit einem Schritt 601. Im Anschluß an den Schritt 601 wird ein Schritt 602 ausgeführt. In diesem Schritt wird der Druckgradient dpkreis1 für den Bremskreis I in Abhängigkeit der Kompressibilität e1 und des Volumens uvolumen1, welches über das Vorladeventil 127v in den Bremskreis I eingespeist wird, ermittelt. Der Druckgradient dpkreis1 wird beispielsweise mittels Multiplikation der Kompressibilität e1 mit dem Volumen uvolumen1 ermittelt. Bei der Kompressibilität e1 handelt es sich dabei um die korrigierte Kompressibilität, wie sie sich gemäß Fig. 5 ergibt. Bei dem Volumen uvolumen1 handelt es sich um das im Schritt 405 ermittelte Volumen. Ebenso wird im Schritt 602 der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 aus dem vorhergehenden Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 und dem Druckgradienten dpkreis1 ermittelt. Dies erfolgt beispielsweise dadurch, daß der aktuelle Wert aus dem vorhergehenden Wert durch aufaddieren des Druckgradienten her-

vorgeht. Im Anschluß an den Schritt 602 wird der Schritt 603 ausgeführt. Im Schritt 603 wird für den aktuellen Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 eine Plausibilitätsabfrage durchgeführt. Hierzu wird der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 mit der Summe aus dem Wert p125v und dem vom Fahrer eingestellten Bremsdruck Pvor verglichen. Die Größe p125v beschreibt hierbei das Druckverhalten des Druckbegrenzungsventiles 125v, welches im Umschaltventil 137v enthalten ist. Mit anderen Worten: Die Größe p125v repräsentiert den Druck im Bremskreis I, ab welchem das Druckbegrenzungsventil p125v den Bremskreis I mit dem Hauptbremszylinder 101 zum Abbau des im Bremskreis vorherrschenden Bremskreisesdruckes verbindet. Wird im Schritt 603 festgestellt, daß der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 größer ist als die Summe aus p125v und Pvor, was nicht plausibel ist, so wird nachfolgend Schritt 604 ausgeführt, in welchem dem aktuellen Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 die Summe aus p125v sowie Pvor zugewiesen wird. Im Anschluß an den Schritt 604 wird ein Schritt 605 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 603 festgestellt, daß der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 kleiner ist als die Summe aus p125v und Pvor, was plausibel ist, so wird nach dem Schritt 603 der Schritt 605 ausgeführt.

Im Schritt 605 wird der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 mit dem vom Fahrer eingestellten Vordruck Pvor verglichen. Findet für den Bremskreis I kein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau statt, so wird über das Rückschlagventil 126v in den Bremskreis I der vom Fahrer eingestellte Vordruck Pvor eingespeist. Diesem Umstand wird durch die im Schritt 605 stattfindende Abfrage Rechnung getragen. Wird durch die Abfrage im Schritt 605 festgestellt, daß der aktuelle Wert für den Bremskreisdruk I kleiner ist als der vom Fahrer eingestellte Vordruck Pvor, was nicht plausibel ist, so wird im Anschluß an den Schritt 605 ein Schritt 606 ausgeführt, in welchem dem aktuellen Wert für den Bremskreisdruk pkreis1 der vom Fahrer eingestellte Vordruck Pvor zugewiesen wird. Im Anschluß an den Schritt 606 wird der Schritt 607 ausgeführt, mit welchem die Ermittlung des Druckgradienten dpkreis1 sowie die Ermittlung des Bremskreisesdruckes pkreis1 abgeschlossen wird. Dagegen im Schritt 605 festgestellt, daß der aktuelle Wert des Bremskreisesdruckes pkreis1 größer ist als der vom Fahrer eingestellte Vordruck, was plausibel ist, so wird im Anschluß an den Schritt 605 der Schritt 607 ausgeführt.

In den Fig. 7 und 8 wird die im Schritt 306 ablaufende Abfrage, ob im Bremskreis I ein Druckabbau vorliegt, sowie die im Schritt 307 für den Fall eines im Bremskreis I vorliegenden Druckabbaus durchgeführte Reduktion des Druckes pkreis1 für den Bremskreis I näher beschrieben. In Fig. 7 ist die Vorgehensweise beschrieben, die angewandt wird, wenn der tatsächliche Bremskreisdruk des Bremskreises I innerhalb eines aktiven, d. h. fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbaus abgebaut wird. In Fig. 8 ist die Vorgehensweise beschrieben, die angewandt wird, wenn der tatsächliche Bremskreisdruk im Bremskreis I außerhalb der Regelung d. h. außerhalb eines fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbaus bzw. nach Beendigung eines fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbaus abgebaut wird.

Die in Fig. 7 dargestellte Reduktion des für den Bremskreis I ermittelten Druckes pkreis1 für den Fall eines Abbaus des tatsächlich im Bremskreis I vorliegenden Bremskreisesdruckes innerhalb einer Regelung startet mit dem Schritt 701. Im Anschluß an den Schritt 701 wird ein Schritt 702 ausgeführt. Mit der im Schritt 702 ausgeführten Abfrage wird ermittelt, ob im Bremskreis I ein aktiver d. h. ein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau stattfindet und ob während dieses fahrerunabhängig durchgeführten Druck-

aufbaus im druckhöheren Rad im Bremskreis I ein Druckabbau verlangt wird. Ob im Bremskreis I ein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau durchgeführt wird, kann beispielsweise ausgehend von den Ansteuersignalen der Rückförderpumpe 111v ermittelt werden. Ob im druckhöheren Rad im Bremskreis I ein Druckabbau verlangt wird, kann beispielsweise durch Abfrage der Ansteuersignale der Auslaßventile 114vj ermittelt werden. Wird im Schritt 702 festgestellt, daß im Bremskreis I ein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau vorliegt und gleichzeitig im druckhöheren Rad des Bremskreises I ein Druckabbau verlangt wird, so wird im Anschluß an den Schritt 702 der Schritt 703 ausgeführt. Der Schritt 703 wird einem Zwischenspeicher pk der Wert prad105vjmax des Radbremszylinderdruckes des druckhöheren Rades im Bremskreis I zugewiesen. Im Anschluß an den Schritt 703 wird ein Schritt 704 ausgeführt. Im Schritt 704 wird abgefragt, ob der ermittelte Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes für den Bremskreis I kleiner ist als der Wert des Zwischenspeichers pk. Ist der Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes kleiner als der Wert des Zwischenspeichers, so wird in einem Schritt 705 der Variablen pKreisZiell, die den nach dem Druckabbau zu erwartenden Bremskreisdruk beschreibt, der Wert pkreis1 zugewiesen. Im Anschluß an den Schritt 705 wird ein Schritt 707 ausgeführt.

Wird dagegen im Schritt 704 festgestellt, daß der Wert pkreis1 für den Bremskreisdruk des Bremskreises I größer ist als der Wert des Zwischenspeichers pk so wird nach dem Schritt 704 ein Schritt 706 ausgeführt, in welchem der variablen pKreisZiell der Wert des Zwischenspeichers pk zugewiesen wird. Im Anschluß an den Schritt 706 wird der Schritt 707 ausgeführt.

Im Schritt 707 wird ausgehend vom aktuellen Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes für den Bremskreis I sowie ausgehend vom Wert pKreisZiell und einer das Druckabnahmeverhalten im Bremskreis I beschreibende Größe abkreis1 der sich während des Druckabbaus im Bremskreis I einstellende Wert pkreis1 des Bremsdrukkes ermittelt. Die im Schritt 707 gewählte Ermittlung des Wertes des Bremskreisdrukkes kann mit einer Filterung des Wertes pkreis1 mit Hilfe eines Tiefpasses verglichen werden. Im Anschluß an den Schritt 707 wird ein Schritt 708 ausgeführt.

Wird dagegen im Schritt 702 festgestellt, daß nicht gleichzeitig ein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau im Bremskreis I und ein Druckabbau im druckhöheren Rad des Bremskreises I verlangt wird, so wird im Anschluß an den Schritt 702 der Schritt 708 ausgeführt. Mit dem Schritt 708 wird die Ermittlung des Bremskreisdrukkes pkreis1 für den Bremskreis I während des Druckabbaus beendet.

Die in Fig. 8 dargestellte Ermittlung des Bremskreisdrukkes pkreis1 für den Fall, daß außerhalb der Regelung bzw. nach einem fahrerunabhängig Druckaufbau im Bremskreis I ein Druckabbau stattfindet, startet mit einem Schritt 801. Im Anschluß an den Schritt 801 wird ein Schritt 802 ausgeführt.

Im Schritt 802 wird ermittelt, ob im Bremskreis I ein aktiver d. h. fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau stattfindet. Dies kann beispielsweise durch Abfrage der Ansteuersignale der Rückförderpumpe 111v erfolgen. Wird im Schritt 802 festgestellt, daß im Bremskreis I kein aktiver d. h. fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau vorliegt, so wird im Anschluß an den Schritt 802 ein Schritt 803 ausgeführt. Im Schritt 803 wird der das zu erwartende Druckabnahmeverhalten beschreibenden Größe abkreis1 ein Wert tau0kreis1 zugewiesen. Die Größe tau0kreis1, die in diesem Zusammenhang auch als Zeitkonstante betrachtet werden kann, beschreibt eine langsame Abnahme des Bremskreisdrukkes pkreis1. Im Anschluß an den Schritt 803

wird ein Schritt 804 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 802 festgestellt, daß im Bremskreis I ein aktiver, d. h. fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau stattfindet, so wird im Anschluß an den Schritt 802 der Schritt 804 ausgeführt.

Im Schritt 804 wird abgefragt, ob der Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes im Bremskreis I größer ist als ein Schwellwert PRFPmax, der den Maximaldruck Vorladepumpe 111v beschreibt. Wird festgestellt, daß der Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes größer ist als dieser Schwellwert, so wird im Anschluß an den Schritt 804 ein Schritt 805 ausgeführt. Im Schritt 805 wird der Größe abkreis1, die das zu erwartende Druckabnahmeverhalten beschreibt, ein Wert tau1kreis1 zugewiesen. Der Wert tau1kreis1 repräsentiert eine Zeitkonstante für einen Druckabbau, der mit einer mittleren Abnahmegeschwindigkeit verläuft. Ferner wird im Schritt 805 der Größe pKreisZiell, die den zu erwartenden Bremskreisdruk nach dem Druckabbau beschreibt, ein Wert pkreis1 zugewiesen. Dieser Wert pkreis1 stellt vorzugsweise einen kleinen dar. Im Anschluß an den Schritt 805 wird ein Schritt 806 ausgeführt. Wird im Schritt 804 dagegen festgestellt, daß der Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes im Bremskreis I kleiner ist als der Schwellwert PRFPmax, so wird im Anschluß an den Schritt 804 der Schritt 806 ausgeführt.

Im Schritt 806 wird abgefragt, ob im Bremskreis II kein aktiver, d. h. fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau stattfindet. Wird im Schritt 806 festgestellt, daß im Bremskreis II kein fahrerunabhängig durchgeführter Druckaufbau stattfindet, so wird im Anschluß an den Schritt 806 ein Schritt 807 ausgeführt. Im Schritt 807 wird der Größe pKreisZiell ein Wert p2kreis1 zugewiesen. Der Wert p2kreis1 repräsentiert einen kleinen Druckwert, der nach dem Druckabbau erwartet wird. Dabei ist der Wert p2kreis1 kleiner als der Wert pkreis1. Im Anschluß an den Schritt 807 wird ein Schritt 808 ausgeführt. Wird im Schritt 806 dagegen festgestellt, daß im Bremskreis II ein aktiver Druckaufbau stattfindet, so wird im Anschluß an den Schritt 806 ein Schritt 808 ausgeführt.

Im Schritt 808 wird, wie bereits im Zusammenhang mit dem Schritt 707 beschrieben, der Wert pkreis1 des Bremskreisdrukkes den Bremskreis I ermittelt. Die Ermittlung des Bremskreisdrukkes pkreis1 wird mit dem auf den Schritt 808 folgenden Schritt 809 beendet.

Abschließend sei mit Bezug auf die in der Zeichnung enthaltenen Flußdiagramme darauf hingewiesen, daß die in einzelnen Schritten enthaltenen Gleichungen keine mathematischen Gleichungen sondern Zuweisungen darstellen. Ferner sei bemerkt, daß die in den Figuren gewählte spezielle Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung keine Einschränkung darstellen soll.

Patentansprüche

1. Bremsanlage in einem Fahrzeug, die wenigstens einen Bremskreis enthält, wobei dem Bremskreis wenigstens ein Rad zugeordnet ist, dessen Radbremszylinder über ein erstes Mittel mit dem Bremskreis in Verbindung steht, wobei mit dem ersten Mittel am Radbremszylinder die Zustände Druckaufbau und/oder Druckhalten und/oder Druckabbau einstellbar sind, wobei der Bremskreis ferner wenigstens zweite Mittel enthält, mit denen wenigstens im Radbremszylinder des einen Rades ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchführbar ist, wobei die zweiten Mittel zur Realisierung des fahrerunabhängigen Druckaufbaus wenig-

stens eine Pumpe aufweisen, wobei ferner dritte Mittel vorgesehen sind, mit denen wenigstens für den einen Bremskreis eine den Bremskreisdruck repräsentierende Größe ermittelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß hierzu in den dritten Mitteln wenigstens das mit vierten Mitteln erfaßte Förderverhalten der Pumpe während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus berücksichtigt wird.

2. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mit den vierten Mitteln während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus erfaßte Förderverhalten der Pumpe in einen Zustand des Bremskreises beschreibende Größe, insbesondere in die Kompressibilität des Bremskreises eingeht, die in fünften Mitteln ermittelt wird, und daß die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe ermittelt wird.

3. Bremsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Mittel wenigstens aus einem Einlaßventil besteht, und daß die mit den fünften Mitteln ermittelte Größe, die den Zustand des Bremskreises beschreibt, wenigstens in Abhängigkeit der Anzahl der in dem Bremskreis geöffneten Einlaßventile bzw. in Abhängigkeit des Wertes der den Bremskreisdruck repräsentierenden Größe ermittelt wird.

4. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ferner sechste Mittel vorhanden sind, in denen wenigstens ausgehend von der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe eine Größe ermittelt wird, die die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibt, und daß in den dritten Mitteln der aktuelle Wert für die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit der Größe, die die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibt bzw. in Abhängigkeit eines vorhergehenden Wertes für die den Bremskreisdruck repräsentierende Größe ermittelt wird.

5. Bremsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Mittel neben der Pumpe wenigstens ein erstes Ventil, insbesondere ein Vorladeventil enthält, über welches mit Hilfe der Pumpe aus einem in der Bremsanlage enthaltenen Hauptbremszylinder Bremsmedium in den Radbremszylinder förderbar ist, und daß in den sechsten Mitteln bei der Ermittlung der die zeitliche Änderung des Bremskreisdruckes beschreibenden Größe ferner eine Größe berücksichtigt wird, die das über das erste Ventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentiert.

6. Bremsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine die Ansteuerzeit des ersten Ventils beschreibende Größe ermittelt wird, ausgehend von der die Größe ermittelt wird, die das über das erste Ventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentiert.

7. Bremsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremskreis ferner wenigstens eine Speicherkammer enthält, in die im Zustand Druckabbau über das dem Radbremszylinder zugeordnete erste Mittel, insbesondere über ein im ersten Mittel enthaltenes Auslaßventil, Bremsmedium aus dem Radbremszylinder zuführbar ist, und daß bei der Ermittlung der Größe, die das über das erste

Ventil in den Bremskreis geförderte Volumen repräsentiert, das Volumen des in der Speicherkammer gespeicherten Bremsmediums mitberücksichtigt wird.

8. Bremsanlage nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumen des in der Speicherkammer gespeicherten Bremsmediums dergestalt mitberücksichtigt wird, daß die die Ansteuerzeit des ersten Ventils beschreibende Größe in Abhängigkeit des Volumens des in der Speicherkammer gespeicherten Bremsmediums beeinflußt wird.

9. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den vierten Mitteln zur Erfassung des Förderhaltens der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus, als ein Kriterium hierfür wenigstens berücksichtigt wird, ob sich die Pumpe in einer Anlaufphase befindet, und/oder daß in den vierten Mitteln zur Erfassung des Förderhaltens der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus, als ein Kriterium hierfür wenigstens eine sich aus dem Bremskreisdruck ergebende Abhängigkeit der Förderleistung der Pumpe berücksichtigt wird, und/oder daß in den vierten Mitteln zur Erfassung des Förderhaltens der Pumpe während eines fahrerunabhängigen Druckaufbaus, als ein Kriterium hierfür wenigstens berücksichtigt wird, ob in einem weiteren Bremskreis der Bremsanlage ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchgeführt wird, während die Pumpe fördert, und daß in den vierten Mitteln in Abhängigkeit wenigstens eines Kriteriums wenigstens ein Faktor ermittelt wird, mit dem die den Zustand des Bremskreises beschreibende Größe bewertet wird.

10. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den vierten Mitteln ferner eine Größe berücksichtigt wird, die eine am Fahrzeug auftretende Querschleunigung repräsentiert, und die in die Ermittlung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe eingeht.

11. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit den dritten Mitteln ermittelte Größe, die den Bremskreisdruck repräsentiert, auf einen minimalen bzw. auf einen maximalen Wert begrenzt wird.

12. Bremsanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bremsanlage ferner ein Sensor vorgesehen ist, mit dem der vom Fahrer im Bremskreis eingestellte Druck erfaßbar ist, und daß dieser vom Fahrer eingestellte Druck in den dritten Mitteln als minimaler Wert für den Bremskreisdruck verwendet wird.

13. Bremsanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Mittel ferner wenigstens ein Ventil, insbesondere ein Umschaltventil enthalten, über welches mit Hilfe der Pumpe aus dem Radbremszylinder in einen in der Bremsanlage enthaltenen Hauptbremszylinder Bremsmedium förderbar ist, und daß wenigstens eine das Druckverhalten des wenigstens einen Ventils beschreibende Größe in den in den dritten Mitteln verwendeten maximalen Wert für den Bremskreisdruck eingeht.

14. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremsanlage wenigstens einen Regler zur Realisierung einer Bremsschlupfregelung und/oder zur Realisierung einer Antriebsschlupfregelung und/oder

zur Realisierung einer Regelung einer die Fahrzeugbewegung beschreibenden Größe enthält, und daß die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe in dem Regler verarbeitet wird.

15. Bremsanlage in einem Fahrzeug, die wenigstens 5 einen Bremskreis enthält,

wobei dem Bremskreis wenigstens ein Rad zugeordnet ist, dessen Radbremszylinder über ein erstes Mittel mit dem Bremskreis in Verbindung steht, wobei mit dem ersten Mittel am Radbremszylinder die Zustände 10 Druckaufbau und/oder Druckhalten und/oder Druckabbau einstellbar sind,

wobei ferner zweite Mittel vorgesehen sind, mit denen wenigstens für den einen Bremskreis eine den Bremskreisdruk repräsentierende Größe ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, 15

daß bei einem Druckabbau, in den zweiten Mitteln die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit einer mit dritten Mitteln ermittelten Größe ermittelt wird, die den zu erwartenden 20 Bremskreisdruk nach dem Druckabbau beschreibt.

16. Bremsanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der den Bremskreisdruk repräsentierenden Größe ferner eine mit den dritten Mitteln ermittelte Größe, die das zu erwartende 25 Druckabnahmeverhalten beschreibt, berücksichtigt wird.

17. Bremsanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß in den zweiten Mitteln die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe mit Hilfe eines mathematischen Modells, welches insbesondere einen 30 Tiefpaß beschreibt, ermittelt wird.

18. Verfahren zur Ermittlung einer Größe, die den Bremskreisdruk in einem in einer Bremsanlage enthaltenen Bremskreis repräsentiert, 35

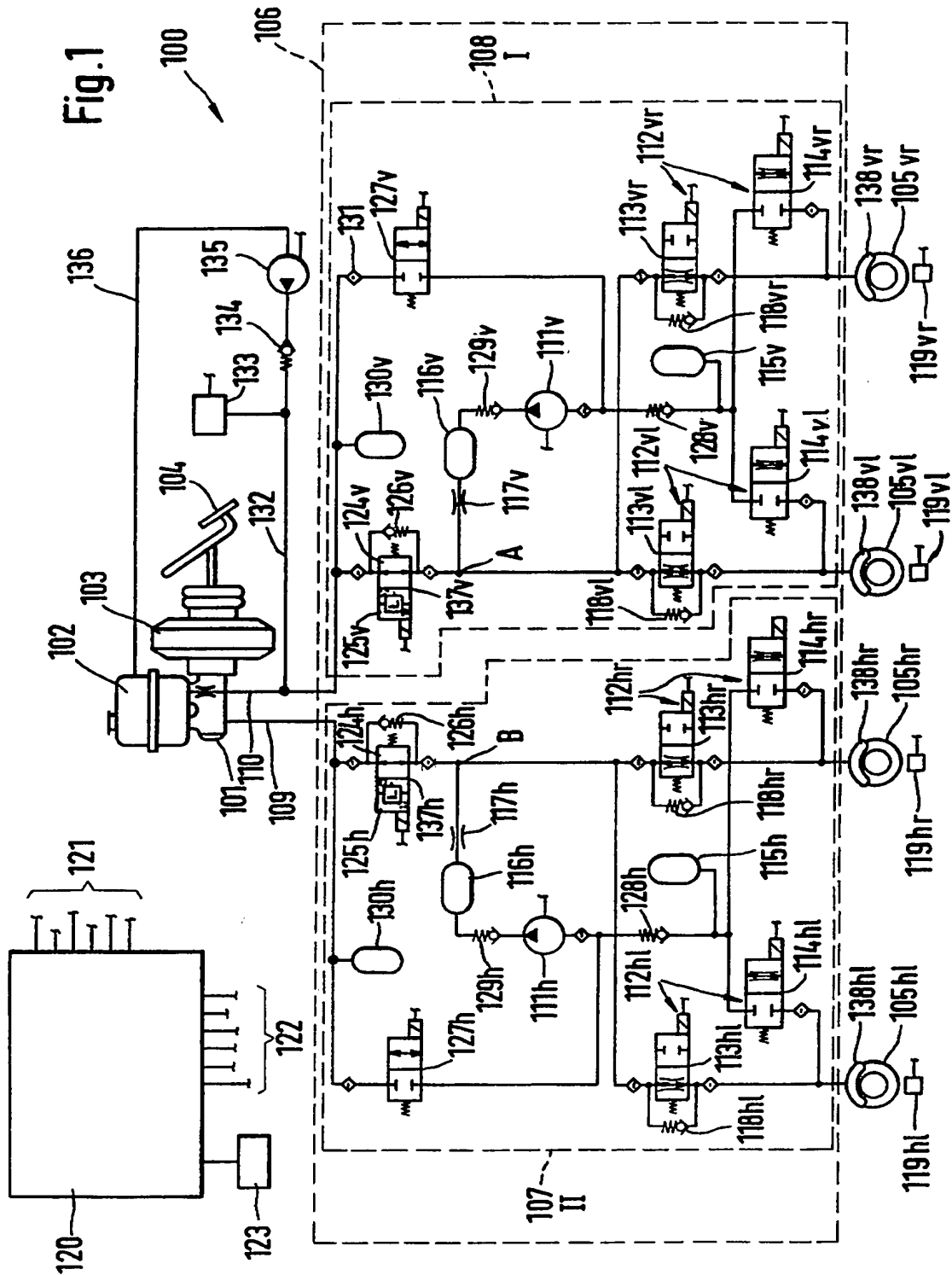
wobei der Bremskreis Mittel enthält, mit denen für wenigstens ein Rad in dem dem Rad zugeordneten Radbremszylinder ein fahrerunabhängiger Druckaufbau durchführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem fahrerunabhängig durchgeführten Druckaufbau 40 die den Bremskreisdruk repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit einer den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe ermittelt wird, wobei bei der Ermittlung der den Zustand des Bremskreises beschreibenden Größe wenigstens das mit Erfassungsmitteln erfaßte Förderverhalten einer in den ersten Mitteln enthaltenen Pumpe während des fahrerunabhängigen Druckaufbaus berücksichtigt wird. 45

19. Verfahren zur Ermittlung einer Größe, die den Bremskreisdruk in einem in einer Bremsanlage enthaltenen Bremskreis repräsentiert, wobei der Bremskreis Mittel enthält, mit denen für wenigstens ein Rad in dem dem Rad zugeordneten Radbremszylinder wenigstens ein Druckabbau durchführbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Druckabbau die den 55 Bremskreisdruk repräsentierende Größe wenigstens in Abhängigkeit einer Größe ermittelt wird, die den zu erwartenden Bremskreisdruk nach dem Druckabbau beschreibt.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

60

65



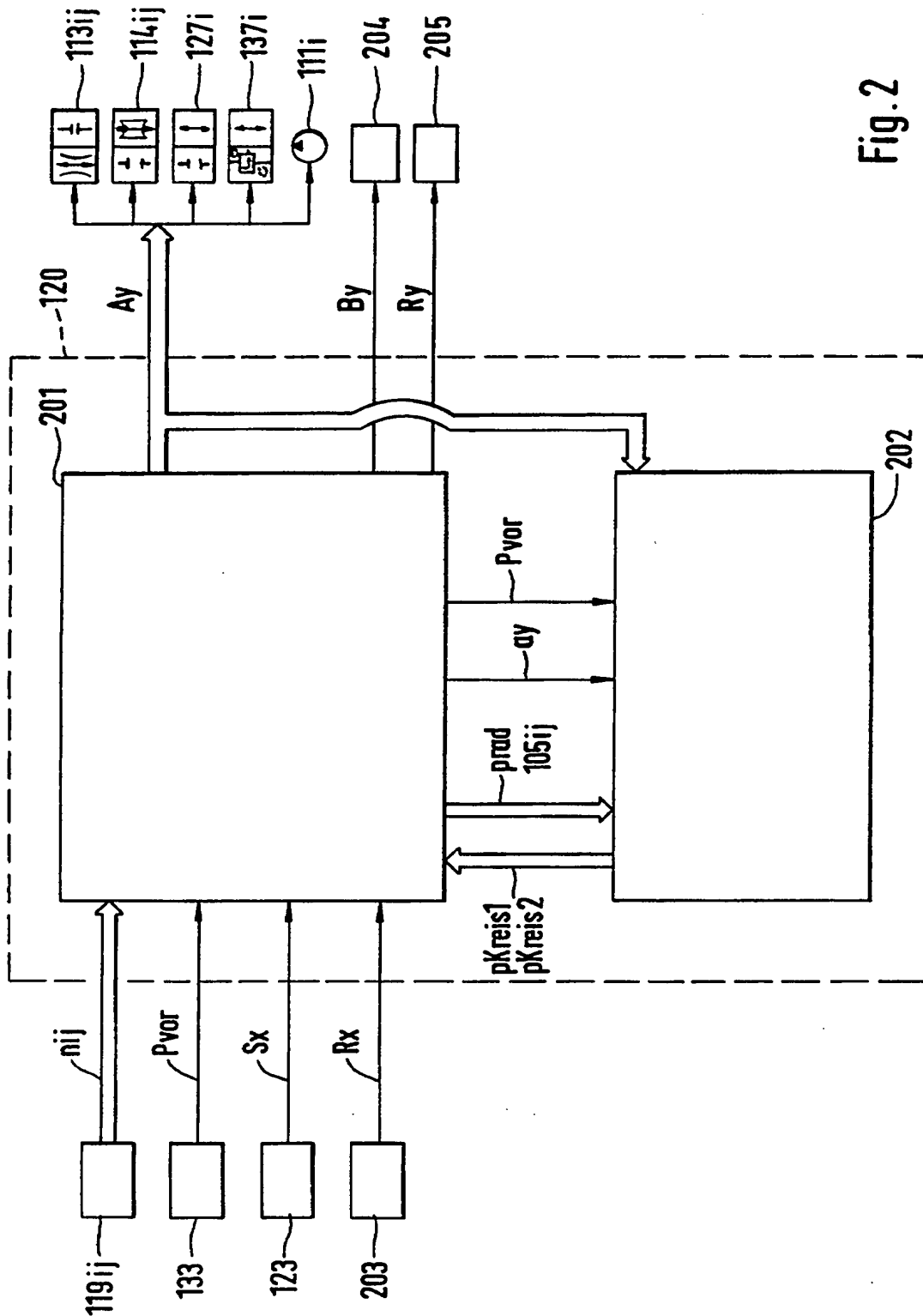


Fig. 2

Fig.3

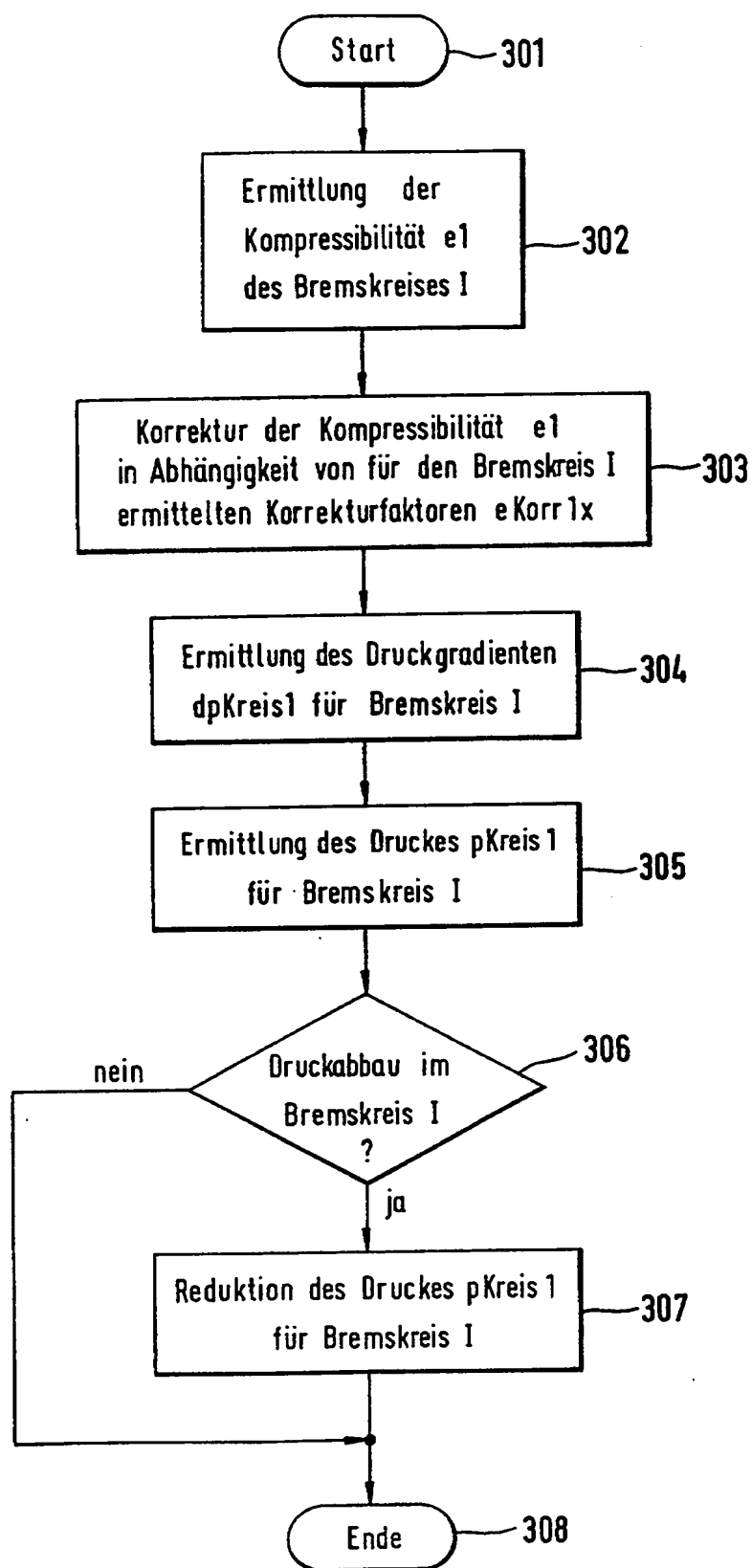


Fig. 4

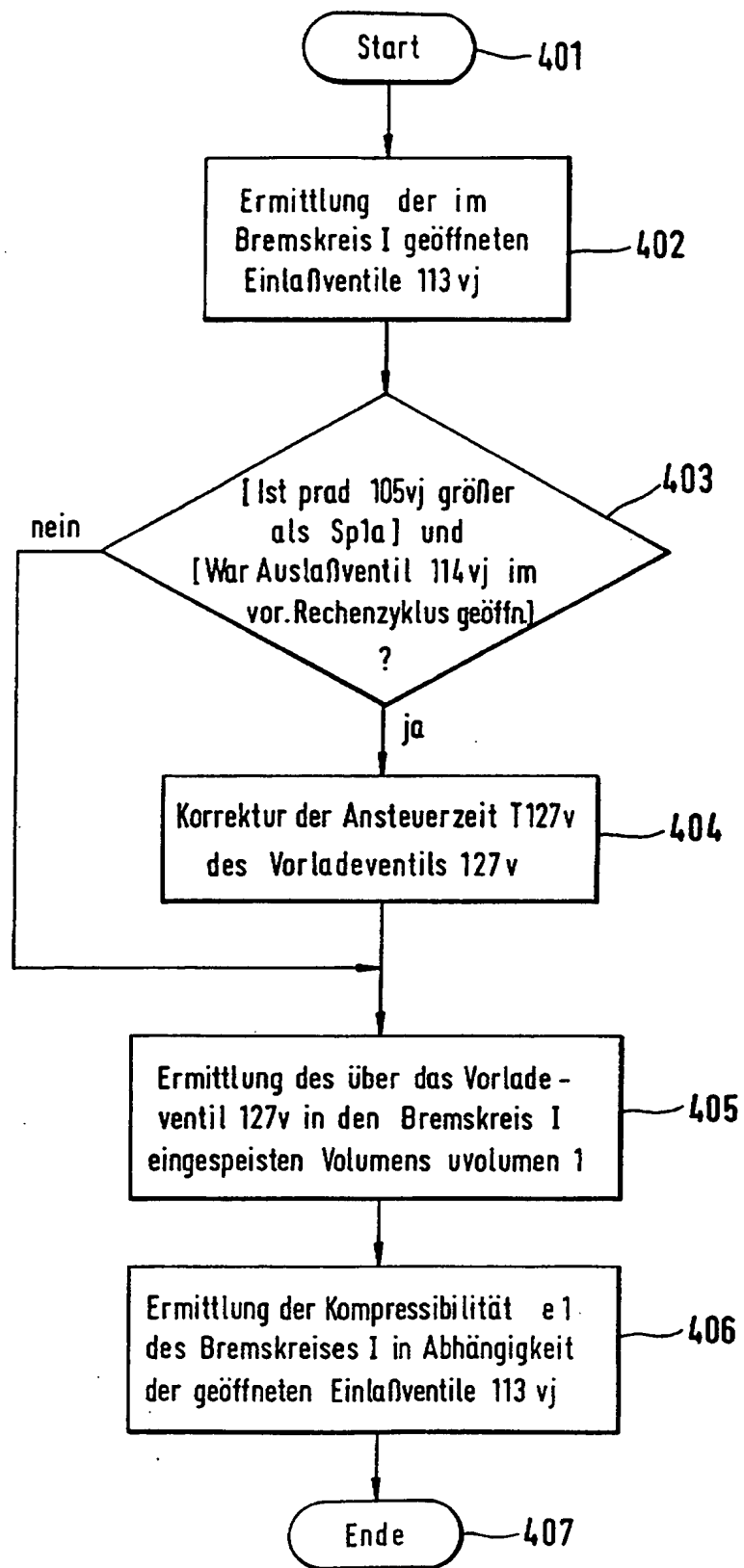


Fig.5a

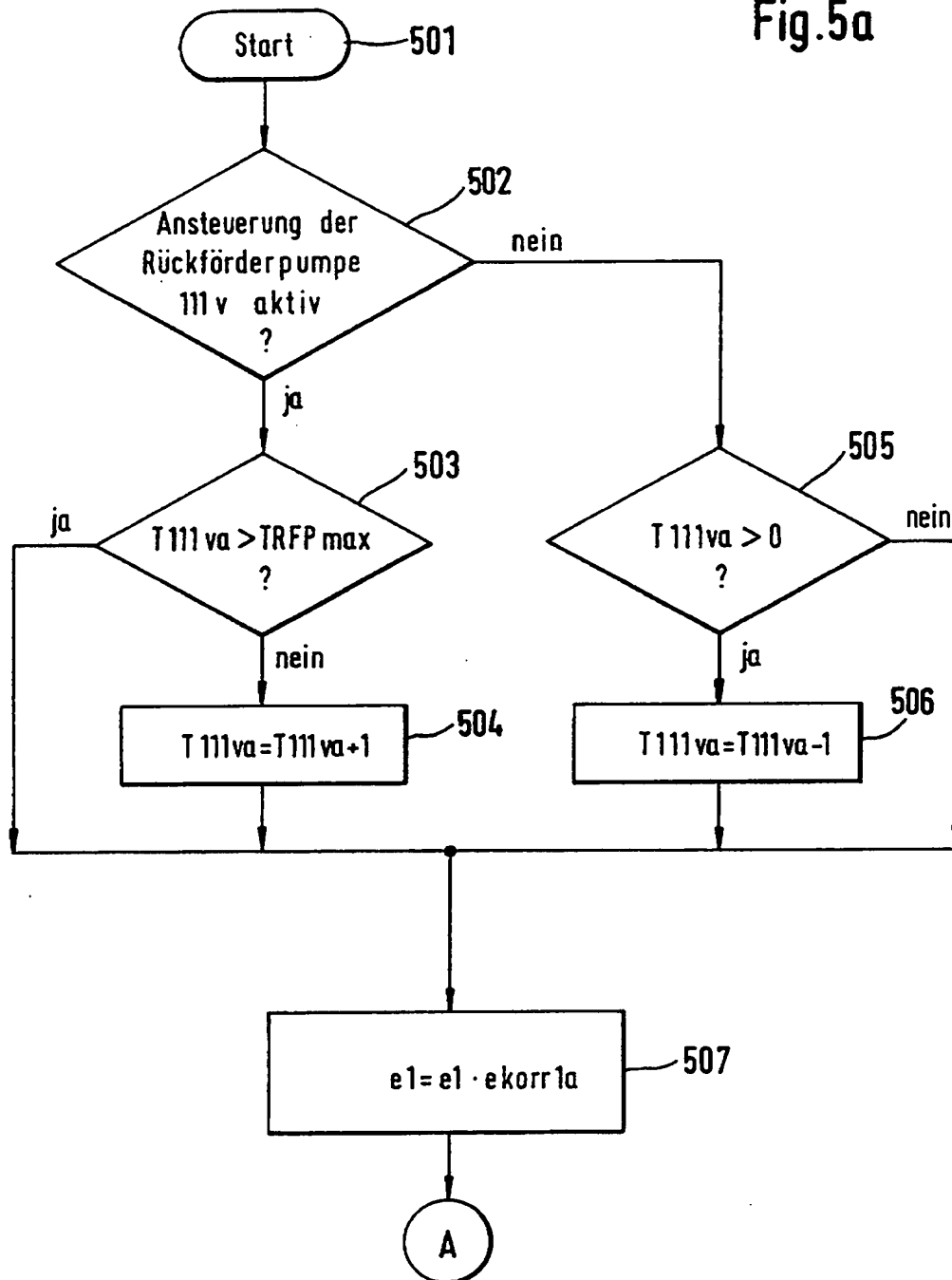


Fig.5b

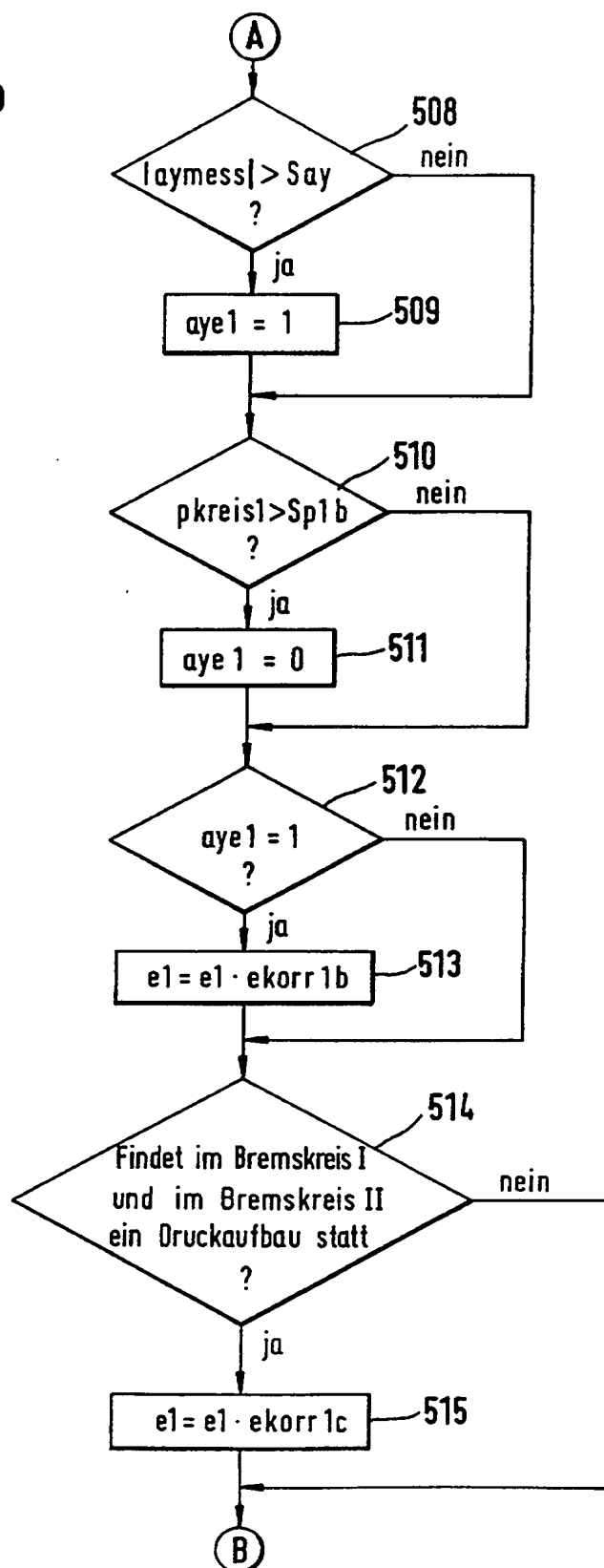


Fig. 5c

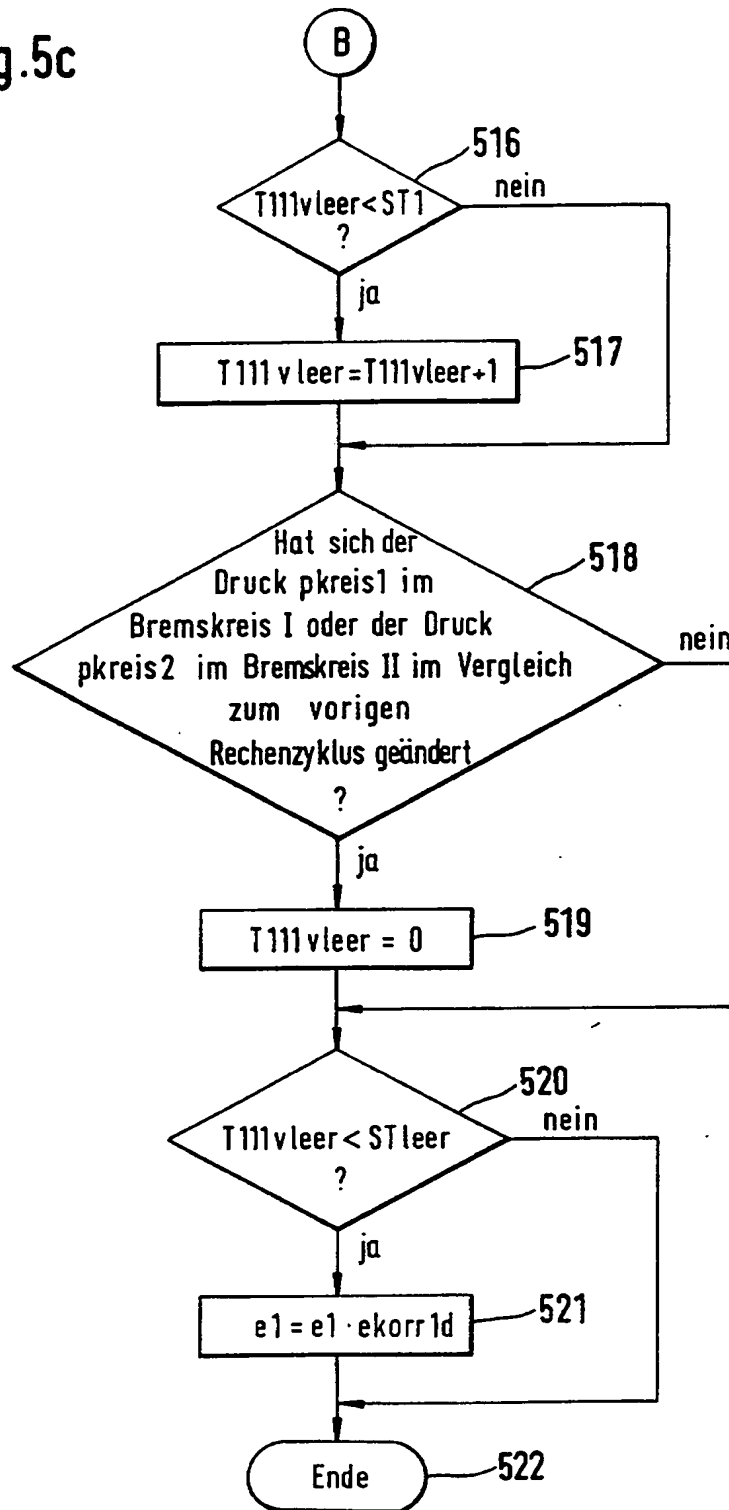


Fig.6

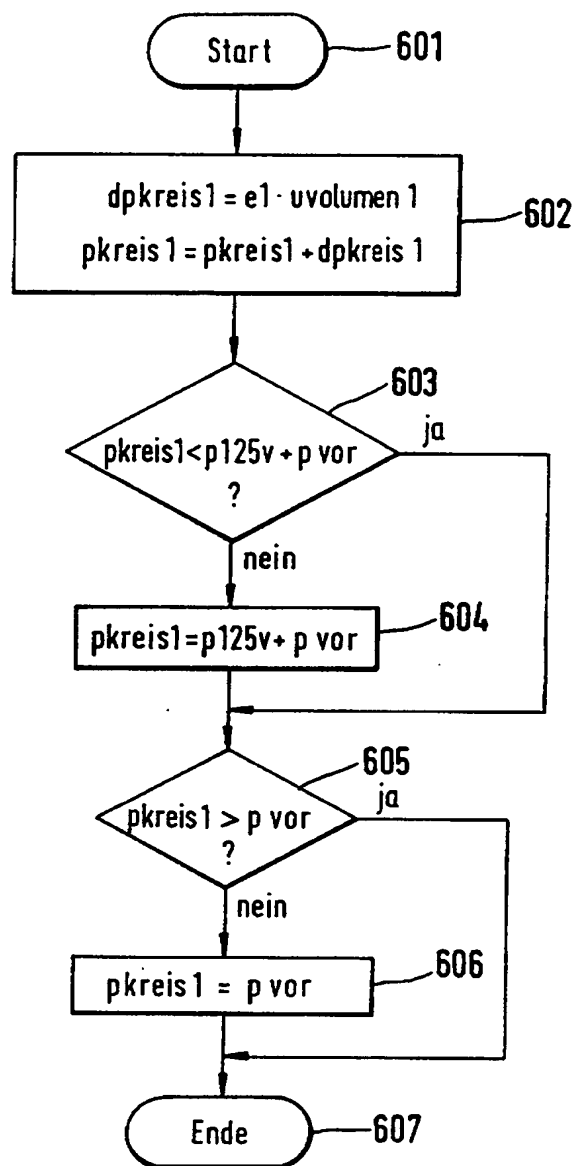


Fig. 7

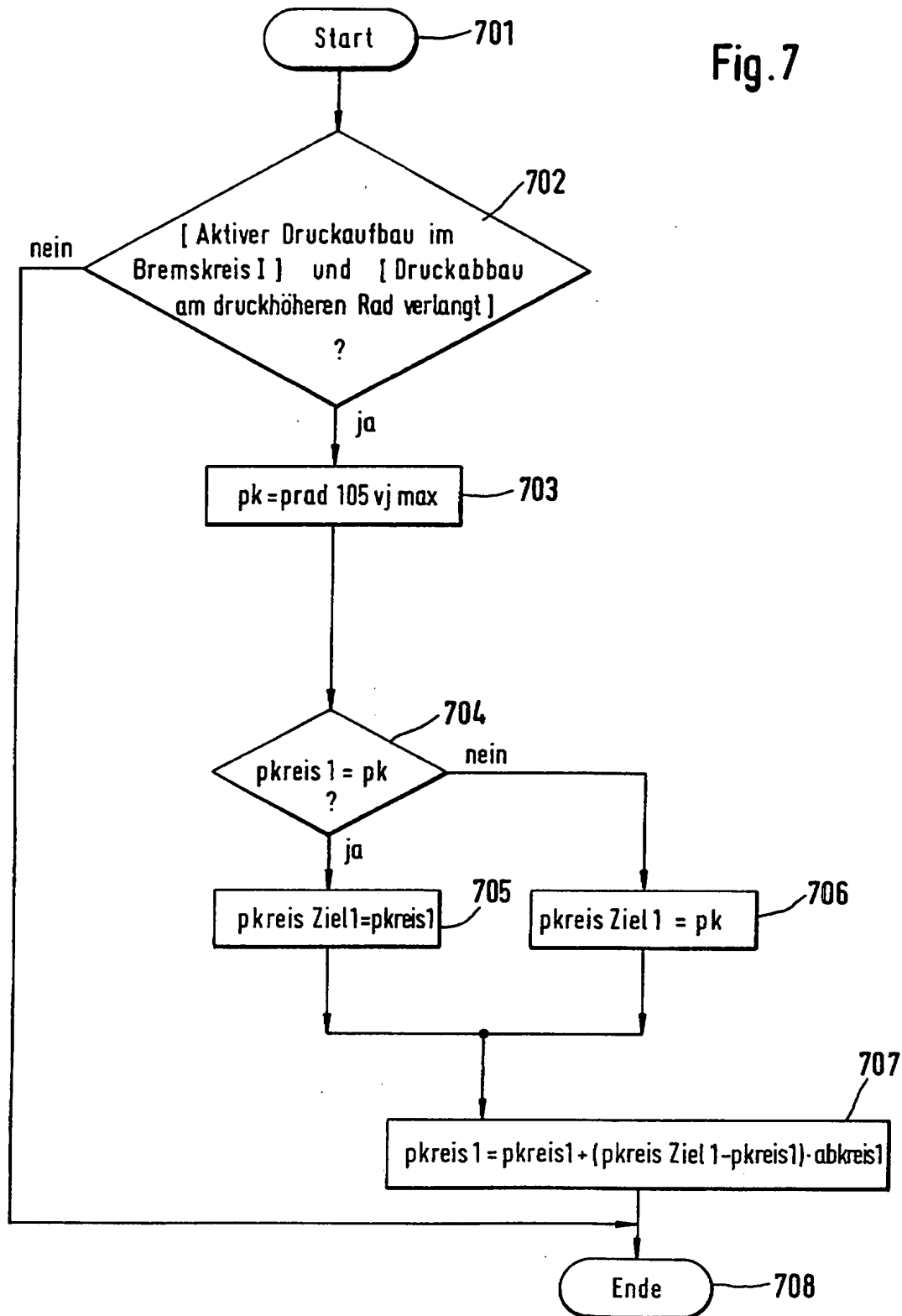


Fig.8

